

Projet de Fin d'Etudes

SEMILOGIE GRAPHIQUE
EXPÉRIMENTALE
POUR UNE CARTOGRAPHIE EFFICACE
DU RISQUE D'INONDATION



2008-2009

GRAZIANO Maxime

Directeur de recherche
SERRHINI Kamal

Sémiologie Graphique
Expérimentale (SGE)
pour une cartographie efficace
du risque d'inondation

2008-2009

Directeur de recherche
SERRHINI Kamal

GRAZIANO Maxime

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnels, toute reproduction et citation font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur de cette recherche a signé une attestation sur l'honneur de non-plagiat.

FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ETUDES

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'École Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique.
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

Développer toute une partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement

Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

REMERCIEMENTS

Je me joins à Émilie Genelot, pour adresser tout d'abord nos plus chaleureux remerciements à notre tuteur, Monsieur Kamal SERRHINI, pour ses conseils, sa disponibilité et pour cette proposition de sujet qui se démarque pour son originalité et son orientation opérationnelle.

Je tiens également à remercier Madame Christine SERRHINI pour le temps qu'elle nous a offert et pour son aide technique sur le vidéo-oculographe. Merci également au service d'Explorations Fonctionnelles Ophtalmologiques et Strabologie de l'hôpital Bretonneau du CHRU de Tours pour son accueil et le prêt de son matériel.

Merci enfin à tous ceux qui accepté de se prêter à notre étude :

• Les techniciens et élus,

Hervé BAPTISTE (enseignant-chercheur au DA)

Jean Baptiste BUGUELLOU (chercheur à l'UMR CITERES)

Bérénice BOUCHAT (rédacteur territorial : urbanisme — marchés publics — affaires foncières, services techniques de la Ville-aux-Dames)

Le Capitaine Michèle PETIT-HERMELIN (Direction des Groupements Sapeurs-Pompiers, Groupement de la Prévention des Risques, Service Prévision, SDIS 37),

Olivier CAPPELLE (directeur de l'aménagement et de l'urbanisme, services techniques de la Riche)

Laurent GUIMAS (chercheur APERAU)

Fabienne POISSON (Directrice de l'Urbanisme et des Marchés Publics, services techniques de Montlouis-sur-Loire)

Nathalie LEPERE (service assurances, services techniques de la Riche)

Véronique TOULAT (Direction des Groupements Sapeurs-Pompiers, Groupement de la Prévention des Risques, Service Cartographie, SDIS 37)

Denis TROUVE (Directeur de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, services techniques de Montlouis-sur-Loire)

Jean-Michel SALAÛN (services techniques de la Riche)

Carl VOYER (doctorant – cartographe)

• Des personnes « témoins » :

Mathilde BERNARD (élève en orthoptie)

Nathalie BOIS (orthoptiste)

Béatrice BUREL (orthoptiste)

Antoinette DOURESSAMY (enseignante retraitée)

Karine HUET (orthoptiste)

Pascale LE HALPER (bibliothécaire au DA)

Mathilde MARQUELET (élève en orthoptie)

Pascaline ROBIN (secrétaire au DA)

• Nos collègues étudiants du Département Aménagement :

Antoine CAVELIER (DA5)

Aurélien CHAUMET (DA5)

Anaël FAURE (DA5)

Alexia LACLERGUE (DA5)

Jean MUNIER (DA5)

Christelle MIOLAND (DA3)

SOMMAIRE

Avertissement	4
Formation par la recherche et projet de fin d'études	5
Remerciements	6
Sommaire	7
Avant Propos	8
Cadre de l'étude	11
Introduction générale	12
Partie 1 : Acteurs et cartes dans la gestion du risque d'inondation	14
Introduction	14
Chapitre 1 : Les acteurs de la gestion du risque d'inondation et leur rapport aux cartes	14
Chapitre 2 : Des cartes informatives aux PPR opposables aux tiers	19
Conclusion.....	23
Partie 2 : De la sémiologie graphique classique à la sémiologie graphique expérimentale : diagnostic	24
Introduction	24
Chapitre 1 : Les concepts du langage graphique classique.	25
Chapitre 2 : La sémiologie graphique classique des cartes de risque contrainte par la réglementation française.....	33
Conclusion.....	41
Partie 3 : Comment adapter la carte à chaque utilisateur ?	
La sémiologie graphique expérimentale	42
Introduction	42
Chapitre 1 : La sémiologie graphique Expérimentale	43
Chapitre 2 : Mise en place du protocole expérimental	48
Conclusion.....	57
Partie 4 : Résultats et Interprétations	58
Introduction	58
Chapitre 1 : Des besoins différents en fonction du type de destinataires	58
Chapitre 2 : Analyse des mouvements oculaires : quelles sont les stratégies visuelles des sujets ?.....	72
Chapitre 3 : Recommandations en matière de cartographie	89
Conclusion générale : Validation et critiques de la méthode	96
Annexes	97
Références Bibliographiques	107
Table des documents	110
Table des cartes	112
Table des matières	113

Délimitation du sujet

• **Problème général :** la pertinence des règles de la sémiologie graphique classique. Le langage cartographique doit être visuel, clair et cohérent. Or, si la fabrication d'une carte implique une stricte application des règles établies par Jacques Bertin, ces dernières permettront seulement de réaliser une carte sans faute majeure, mais pas forcément une « bonne carte »¹. La carte est avant tout un outil de communication, qu'elle soit traitée comme un simple élément de diffusion de l'information ou comme un argumentaire visant l'orientation d'une prise de décision. Sa capacité à être perçue par le destinataire, c'est-à-dire à être lue, comprise et interprétée dans un temps relativement court est donc primordiale. Nonobstant, nous pouvons remarquer que le destinataire (ou le futur lecteur) n'est que rarement pris en compte lors de la fabrication de la carte. Le processus de réalisation d'un document cartographique est toujours linéaire : du cartographe au destinataire. La sémiologie graphique des cartes de risques, induite par la législation française, ne prend donc pas en considération la perception des lecteurs. De plus, chaque « groupe de destinataires » (élus, techniciens, habitants, etc.) a, en fonction de son niveau de connaissance et des filtres culturels, une manière de lire et d'analyser les cartes. Cela implique qu'il est fort peu probable qu'une carte puisse répondre aux attentes de l'ensemble des destinataires².

• **Question générale :** comment améliorer des cartes notamment celles liées au risque d'inondation

Dans ce contexte, nous pouvons nous demander comment améliorer les cartes (notamment celles d'aléa et de risque) pour qu'elles deviennent des outils de communication plus efficaces. En ce qui concerne les cartes de risque d'inondation, qui respectent la sémiologie graphique imposée par la loi, comment les adapter pour qu'elles soient perçues, comprises et mémorisées par différentes catégories d'acteurs ?

Spécification de la problématique

• **Problème spécifique :** pour une sémiologie graphique expérimentale

Le Plan de prévention des Risques d'inondation d'une commune est un document opposable aux tiers et doit donc être accessible à l'ensemble des citoyens. Cependant, tous ne possèdent pas la même aisance face aux cartes et surtout n'en attendent pas la même chose. Ainsi, l'individu « lambda » de la commune cherche avant tout à déterminer l'emplacement de son bien et la zone dans laquelle il se situe. L' élu ou le technicien quant à lui cherche à déterminer si les projets peuvent être envisagés sans contraintes techniques majeures du fait de leur éventuelle situation en zone inondable. L'échelle, la précision et le type des informations qu'ils recherchent sont donc des éléments déterminants. L'amélioration des cartes liées au risque d'inondation participe à l'élaboration de solutions opérationnelles répondant aux deux principaux objectifs du programme européen de recherche ERA-Net CRUE : la prise de conscience du risque et le renforcement de la participation du public d'une part ; et la gestion de l'inondation d'autre part.

1 WEGER G., (1999), « Cartographie - volume 1 : sémiologie graphique et conception cartographique », École Nationale Des Sciences Géographiques

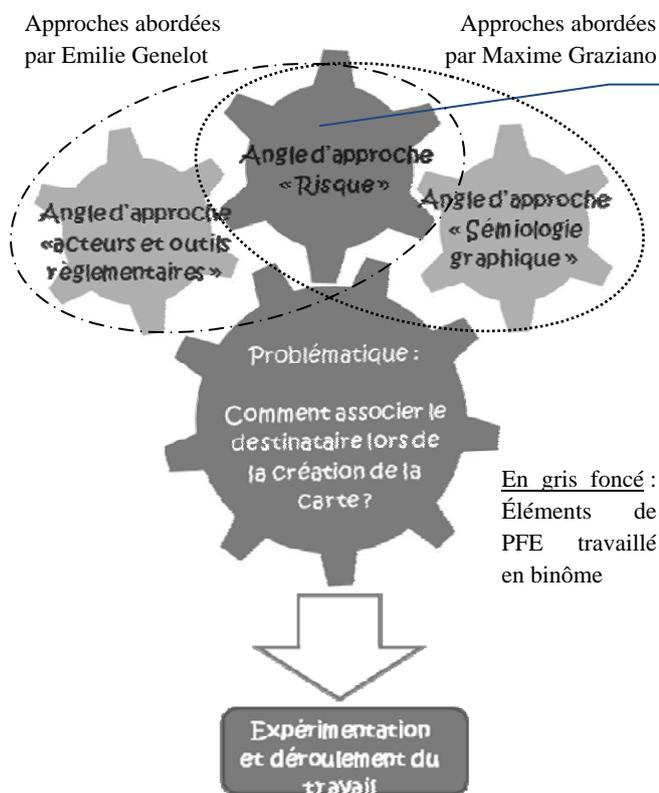
2 CAUVIN C., (2008), « Cartographie thématique », Hermes Science Publications

• Questions spécifiques

Dans ce contexte, ce PFE portera sur l'étude détaillée des différentes perceptions que peuvent avoir les acteurs directement et/ou indirectement concernés par le risque d'inondation. Puis l'objectif sera d'aboutir à la conception de cartes adaptée spécifiquement à une catégorie de personnes. Ainsi, les questionnements initiaux pourront être les suivants : quelles sont les spécificités de la perception de chaque catégorie d'acteurs concernés par les cartes liées au risque d'inondation ? Quel est le degré de lecture de chaque type d'acteur concernant les cartes de prévention et de gestion de crise ? Comment adapter la sémiologie graphique aux besoins de l'utilisateur de la carte ?

Hypothèses de recherche

Nous supposons que chaque type de destinataire a son propre mode de perception des cartes. Chacun, en fonction de son niveau de connaissances techniques et cartographiques, a son propre degré de lecture. Le niveau d'approfondissement différera lors des différentes phases d'appropriation de la carte (la perception visuelle, la compréhension, la mémorisation, l'analyse critique). Une carte se « lit » d'autant mieux, et avec d'autant plus d'efficacité, que l'on a des formes en tête, que l'on a mémorisé des configurations territoriales. Partant de ce postulat, nous estimons qu'il pourrait être nécessaire de construire des cartes adaptées aux destinataires. La sémiologie graphique doit aussi évoluer en fonction de la nature du message véhiculé par la carte : simple diffusion de l'information, outil de sensibilisation et de prévention, outil d'aide à la décision, ou outil opérationnel de gestion de crise. Afin de répondre à la problématique, il sera important de prendre en compte trois angles d'approche : « risques », « acteurs et outils réglementaires » et « sémiologie graphique classique et expérimentale ».



L'imbrication de trois approches permettra à ce travail de donner une réponse cohérente à la problématique ci-contre. Cette étude est basée sur deux recherches complémentaires effectuées l'une par Emilie Genelot et l'autre par Maxime Graziano.

En effet, si l'approche « risque » a été travaillée en binôme, chaque étudiant a développé un angle d'attaque particulier. Le lecteur de ce rapport trouvera les aspects concernant la « sémiologie graphique des cartes de risque ». Cependant, l'approche « acteurs et outils » pas pour autant négligée mais sera moins approfondie que dans le travail d'Emilie. Enfin, la partie expérimentation et analyse des résultats se fera en collaboration étroite entre les deux étudiants

		lectures	construction du plan	Écrit 1	partie sémiologie	partie acteurs	élaboration du protocole	1er oral	prise de rendez-vous	expérimentation	résultats/ interprétations	rédaction des résultats	écrits finaux	préparation oral	préparation oral	2ème oral
semaine 1	15-sept															
semaine 2	22-sept															
semaine 3	29-sept															
semaine 4	06-oct															
semaine 5	13-oct															
semaine 6	20-oct															
semaine 7	03-nov															
semaine 8	10-nov															
semaine 9	17-nov															
semaine 10	24-nov															
semaine 11	01-déc															
semaine 12	08-déc															
semaine 13	15-déc															
semaine 14	05-janv															
semaine 15	12-janv															
semaine 16	19-janv															
semaine 17	26-janv															
semaine 18	02-févr															
semaine 19	09-févr															
semaine 20	16-févr															
semaine 21	23-févr															
semaine 22	02-mars															
semaine 23	09-mars															
semaine 24	16-mars															
semaine 25	23-mars															
semaine 26	30-mars															
semaine 27	06-avr															
semaine 28	13-avr															
semaine 29	04-mai															
semaine 30	11-mai															
semaine 31	18-mai															
semaine 32	25-mai															

- Travail effectué par Émilie Genelot
- Travail effectué par Maxime Graziano
- Travail effectué en binôme

CADRE DE L'ETUDE

La **Directive européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007** relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation impose de profonds changements dans la stratégie de prévention des inondations en Europe. Pour répondre à ces exigences, elle induit la mise en place de réseaux d'échanges techniques entre les pays, sur des points nécessitant une coopération et un échange d'expérience pour assurer un progrès rapide des savoir-faire. C'est notamment le cas de :

- EXCIFF (European Exchange Circle on Flood Forecasting) portant sur l'annonce de crue en 2005 (publication : « *Good Practice for Delivering Flood-Related Information to the General Public* »).
- EXCIMAP (European Exchange Circle on Flood Mapping) pour la cartographie des inondations en 2006-2007 (publication : « *Handbook on good practices for flood mapping in Europe* »)

Au sein de ces deux groupes, un important travail sur l'amélioration des cartes d'inondation est évidente, qu'il s'agisse de cartes assurant la communication entre chercheurs ou celle auprès du grand public. Notre travail est inclus dans ces thématiques et en particulier se situe dans le prolongement du programme de recherche **Era-Net Crue 1** (cadre d'étude du PFE d'Aude Bignard). Le but de l'action ERA-Net CRUE est de soutenir, de développer une coordination et d'intégrer des programmes et des politiques de recherche (nationales, régionales et européennes) dans le domaine de la gestion du risque d'inondation. Il s'agit de disposer de la connaissance et de la compréhension nécessaire permettant une gestion durable des risques d'inondation. Actuellement, la directive européenne requiert une estimation préliminaire du risque d'inondation, qui sera suivie par l'établissement de cartes d'aléa et de risque et finalement de plans de gestion du risque d'inondation. En ce sens un second appel à propositions de recherche pilotes a été lancé qui a pour objectif de susciter des projets conjoints de recherche transnationaux sur le thème spécifique intitulé : « **La résilience des territoires face aux inondations – Gérer les conséquences des inondations** ».

« Améliorer notre compréhension et notre capacité à communiquer sur le risque dans le cadre institutionnel est une problématique importante pour tous les décideurs impliqués dans la gestion du risque d'inondation »³.

Mais également

*« L'encouragement de la **participation du public** peut être un élément clé pour une « bonne gouvernance »⁴ (La gouvernance est ici comprise comme un système de pilotage et de réglementation qui est représenté non seulement par les institutions gouvernementales mais également par les compagnies privées, les associations, les groupes d'intérêts, etc.)*

Notre PFE (visant une amélioration des cartes de risque) tentera de répondre à certaines questions posées par cet appel à projet par exemple : comment peut-on **améliorer les cartes d'aléas et de risque** pour qu'elles deviennent un outil efficace de **communication** sur le risque ? Quelles données issues des analyses de l'aléa et de la vulnérabilité peuvent être utilisées pour initier un dialogue avec le public ? Comment concevoir des outils et des systèmes techniques pour gérer la complexité du risque et de sa gestion ? etc.

³ Appel à projets conjoints de recherche ERA-Net CRUE « La résilience des territoires face aux inondations - Gérer les conséquences des inondations »

⁴ Ibid

INTRODUCTION GENERALE

« Les perceptions et représentations des risques conditionnent, au même titre que l'histoire, l'interprétation des phénomènes et donc les comportements immédiats, face à leurs effets. »⁵

Les cartes sont très importantes lorsqu'il s'agit d'évaluer la menace et d'adopter des mesures de prévention. Cette constatation, provient du triple rôle joué par les cartes : réglementaire, d'aide à la décision, et d'information des populations.

« La carte est un outil important pour connaître et gérer un espace géographique, communiquer des informations sur cet espace, agir, etc. »⁶

Le champ d'action de la cartographie notamment du au fait que les représentations visuelles sont particulièrement efficaces car elles autorisent une lecture instantanée d'une image globale a incité des métiers, même éloignés de la géographie, d'avoir recours à cet outil pour faire passer de l'information.

« Les métiers qui ont besoin de cet outil sont nombreux, leurs attentes sont diversifiées et désormais le monde numérique offre à tous ces utilisateurs de nouvelles possibilités permettant à chacun de créer et d'utiliser des cartes selon ses besoins. »⁷

Le succès de la cartographie n'a pas été sans conséquence sur la bonne lisibilité des cartes créées.

« La lisibilité est la qualité d'une carte sur laquelle une information recherchée peut être facilement trouvée, distinguée parmi les autres et mise en mémoire sans effort. »⁸

Aujourd'hui, le mode de fabrication des cartes n'est plus adapté aux besoins des différents besoins (diversification des concepteurs et des destinataires) et ce pour deux raisons principales :

- La non-prise en compte du destinataire lors de la fabrication de la carte est sans doute l'écueil majeur. Les destinataires n'ont pas les mêmes attentes ni le même degré de lecture lorsqu'ils se trouvent face à une carte.

« Une même carte, représentant un thème et un espace donnés, ne peut, sauf exception, être proposée de manière satisfaisante au regard de plusieurs publics distincts »⁹

L'échelle, la précision et le type d'informations que le destinataire recherche sont donc des éléments à prendre en compte.

- L'avènement de l'informatique et des Système d'Information Géographique qui n'intègrent pas toujours les règles de sémiologie graphique indispensables à la réalisation d'une « bonne » carte.

« Les outils techniques n'offrent pas d'aide à la conception cartographique parce que les principes issus des travaux de

5 POTTIER N., VEYRET Y., MESCHINET N., HUBERT G., RELIANT C., DUBOIS J., « Évaluation de la politique publique de prévention des risques naturels », 13 pages.

6 CHESNEAU E., (2006), « Pour une amélioration automatique des contrastes colorés en cartographie : application aux cartes de risque », Résumé d'une thèse préparée à l'IGN et à l'Université de Marne-la-Vallée

7Ibid

8 Joly F., 1994, La cartographie, Presses Universitaires de France, Paris.

9 CAUVIN C., (2008), « Cartographie thématique », Hermes Science Publications

cartographes comme Bertin (1967) ne sont pas implémentés et que les besoins des utilisateurs ne sont pas spécifiés. »

La problématique générale de ce mémoire sera, à travers la cartographie du risque d'inondation, de savoir dans quelles mesures il est possible d'améliorer les cartes pour qu'elles deviennent des outils de communication plus efficace et lisible par les différentes catégories. En ce sens, l'axe principal précédemment défini se subdivisera en deux objectifs distincts :

- L'exploration analytique des stratégies visuelles que peuvent avoir les acteurs directement et/ou indirectement concernés par le risque d'inondation. Quelles sont les spécificités de la perception visuelle de chaque catégorie d'acteurs concernés par les cartes liées aux risques d'inondation ?
- Aboutir à la conception de cartes adaptée spécifiquement à une catégorie d'utilisateurs. Comment faire pour que les Plans de prévention des risques, qui respectent la sémiologie graphique imposée par la loi, soient mieux perçus, compris et mémorisés par différentes catégories d'acteurs ?

Pour parvenir aux objectifs fixés, nous proposons de ne plus prendre comme point de départ de la cartographie le spécialiste mais d'établir une sémiologie graphique à partir du récepteur.

« Dans une telle perspective, la communication cartographique suivra le processus en boucle suivant : récepteur - émetteur - récepteur. »¹⁰

La prise en compte des attentes en matière de cartographie du récepteur se fera grâce à l'approche basée sur l'étude de la perception visuelle (stratégie du regard) appelée également Sémiologie Graphique Expérimentale (SGE).

« Nous considérons avant tout les propriétés et les caractéristiques de la perception visuelle d'un lecteur en général et des sujets qui sont destinés à lire le document cartographique en particulier (étudiants, riverains, touristes, élus...) »¹¹.

Comme mentionné lors de l'avant-propos, afin de répondre à cette problématique, il est nécessaire d'avoir plusieurs entrées. La première partie sera consacrée à l'approche « acteurs et outils réglementaires ». La deuxième partie établira un diagnostic de la sémiologie graphique classique et le chapitre 2 de cette partie tentera de faire ressortir les grands écueils présents sur les cartes de risques. La partie suivante portera sur l'annonce de la méthode et du protocole employés. Ce qui permettra de déboucher sur une présentation des résultats obtenus. Il nous sera ensuite possible d'établir une discussion basée sur l'interprétation des résultats. Ces recommandations pourront être incluses aux règles de sémiologie graphique existantes pour permettre à toutes personnes en lien avec les cartes de risque d'inondation de se les approprier de manière efficace.

10 SERRHINI K. (2000), « Évaluation spatiale de la covisibilité d'un aménagement. Sémiologie graphique expérimentale et modélisation quantitative », Thèse de doctorat, CESA, 481 pages.

11 Ibid

PARTIE 1 : ACTEURS ET CARTES

DANS LA GESTION DU RISQUE

D'INONDATION

Introduction

La carte est un instrument ancien et un outil politique non négligeable car

« posséder l'information géographique revient à affirmer son autorité mais aussi à protéger ses richesses »¹².

Or depuis plusieurs décennies, la littérature scientifique s'est faite plus abondante à propos du langage cartographique et de l'utilisation des cartes en géographie¹³.

« La carte sert aujourd'hui à transmettre des informations dans de très nombreux domaines (routes, forêt, promenade, météo, relief, géopolitique, commerce) »¹⁴.

Cette évolution est due au fait que les représentations visuelles sont particulièrement efficaces car elles autorisent une lecture instantanée d'une image globale.

« La carte, outil privilégié de la connaissance géographique, appartient au monde de l'image ; elle donne à voir l'information »¹⁵.

C'est donc un outil utilisé pour communiquer des informations localisées dans l'espace. Cependant, l'information doit être représentée de telle manière à permettre efficacement l'appropriation de celle-ci par le lecteur.

Chapitre 1 : Les acteurs de la gestion du risque d'inondation et leur rapport aux cartes

1. Réglementer l'implantation en zone à risques

D'après une étude réalisée par la fondation la compagnie d'assurance, la MAIF portant sur les risques naturels et la prévention, les différents aléas naturels (inondations y compris) ont tué plus de 5 millions de personnes, ont fait plus de 2 milliards de sinistrés et créé des pertes économiques considérables, dans le monde, au cours des trente dernières années¹⁶. Si l'on se centre sur le cas français, près de 9 400 communes sont concernées par les inondations et les surfaces inondables représentent près de 5 à 7 % du territoire¹⁷. Depuis les années 70, le coût financier lié aux inondations n'a cessé de croître pour atteindre des sommes extraordinairement élevées. Grâce à l'évaluation de la politique française de prévention, des données chiffrées sont disponibles pour la France. Les sommes liées aux indemnités n'ont cessé d'augmenter entre 1999 (avec le

12 REKACEWICZ P., (2006), « La cartographie, entre science, art et manipulation », Le Monde Diplomatique

13 BEGUIN M., PUMAIN D., (1994), « La représentation des données géographiques », Armand Colin

14 CHESNEAU E., (2006), « Pour une amélioration automatique des contrastes colorés en cartographie : application aux cartes de risque », Résumé d'une thèse préparée à l'IGN et à l'Université de Marne-la-Vallée

15 LE FUR A., (2007), « Pratiques de la cartographie », Armand Colin, 2ème éd

16 ARMINES-CGI, (2002), « Mouvements de terrain et risques hydrologiques associés et induits. Évaluation des méthodes et moyens de prévention et analyse des retours d'investissement. Information préventive », Fondation MAIF, 290 pages.

17 CEMAGREF (2008), « Évaluer les risques d'inondation », 2 pages.

passage de deux tempêtes) et 2003¹⁸. Par conséquent, au vue du coût global des indemnisations d'après crise, il est peut être pertinent de mettre l'accent sur la mise en place d'une politique de prévention efficace passant par l'appropriation du risque par l'ensemble des citoyens.

Document 1 :
Indemnisations
liées aux
principales
inondations
survenues entre
1999 et 2003

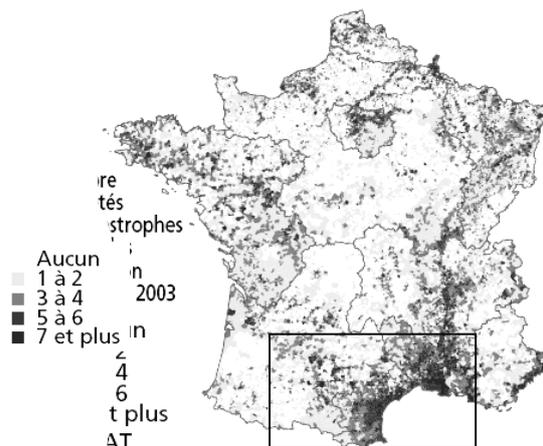
LES PRINCIPALES INONDATIONS SURVENUES EN FRANCE METROPOLITAINE DE 1999 A 2003			
Exercice de survenance	Type d'inondation	Mois et lieu de survenance	Indemnisations (en Millions d'€)
1999	Plaine / Torrentielle (Aude)	Novembre Aude, Hérault, Pyrénées-Orientales, Tarn	224
1999	Littorale / Ruissellement	Décembre Charente-Maritime, Seine Maritime, Pas-de-Calais, Gironde	231 ⁽¹⁾
2001	Plaine/ remontée de nappe	Mars Avril Mai Vallée de la Somme entre Amiens et Abbeville	86
2002	Torrentielle	Septembre Cévennes et Département du Gard	650
2003	Plaine / Torrentielle	Décembre large quart sud est : 24 départements touchés sur une zone allant du Tarn aux Alpes-Maritimes en remontant jusqu'à la Saône et Loire	730
TOTAL			1.921

(1) Le coût figurant dans ce tableau ne concerne que les inondations provoquées par le passage des tempêtes Lothar et Martin.
Source CCR

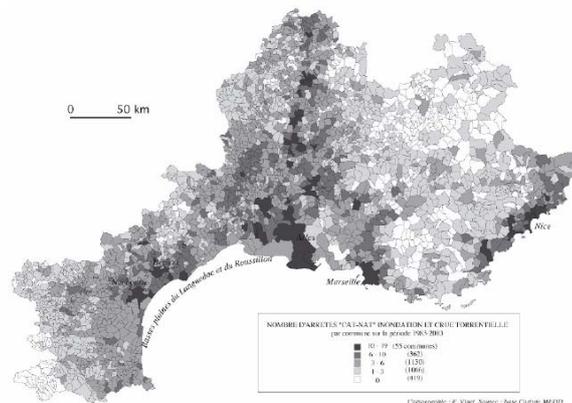
Ce phénomène d'augmentation des coûts est à mettre en lien avec le développement de l'urbanisation sur des secteurs potentiellement inondables.

« La carte du nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle se calque peu ou prou sur celle des densités de population »¹⁹.

Carte 1 :
Nombre d'arrêtés de
catastrophes naturelles
inondation de 1982 à
2003 en France
Source : Ministère de
l'Écologie et du
Développement durable,
base Corinte, Ifen, 2004



Carte 2 :
Nombre d'arrêtés de
catastrophes naturelles
inondation de 1982 à
2003 dans le Midi
Méditerranéen
Source : Vinet F., MEDD,
base Corinte, 2004

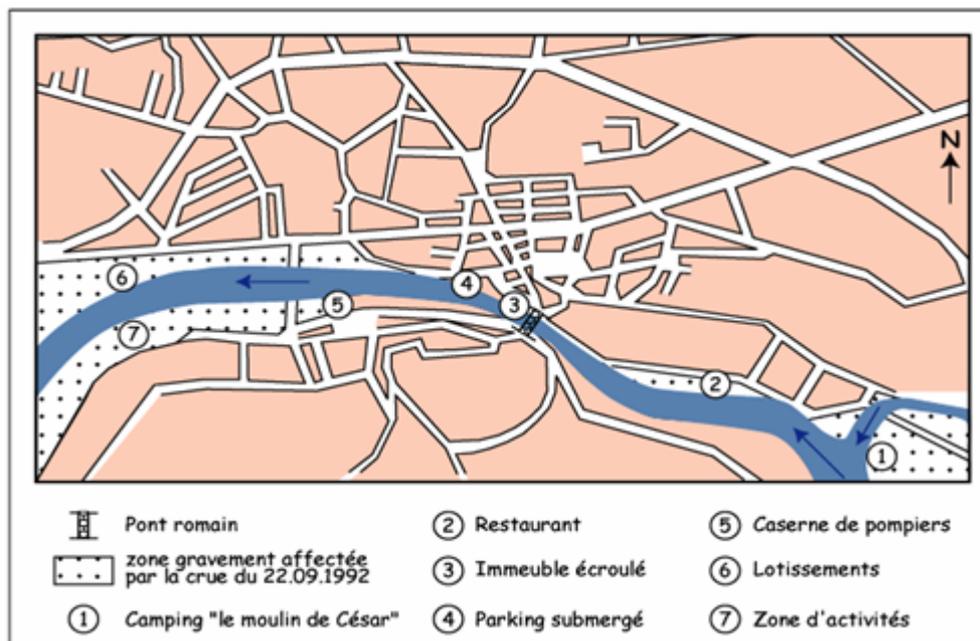


18 WWW.CCR.FR (consulté le 15 avril 2009)

19 VINET F., (2004), « Diagnostic et enjeux de la gestion du risque inondation en France Méditerranéenne », La houille blanche n° 6, 7 pages.

Pour exemple, en 1992, c'est déroulé à Vaison-la-Romaine, l'une des catastrophes majeures, qui est restée dans la mémoire collective du fait des 32 morts et des pertes matérielles se chiffrent à près de 500 millions de francs. Si la plupart des caractéristiques hydrologiques de la crue sont à mettre en relation avec les événements pluvieux et la configuration du bassin versant, les modalités de l'occupation des sols dans les environs de Vaison-la-Romaine ont joué un rôle décisif, voire amplificateur. En effet, depuis près d'un siècle, l'occupation des sols se caractérise par un réaménagement du lit de la rivière.

Carte 3 :
Vaison-la-Romaine :
Impact spatial de la
crue de 1992
 Source : Odile Baussard,
 1993



La ville romaine construite sur les hauteurs n'a pas été affectée par la crue alors que les bâtiments et infrastructures tels que le camping (1) ou le lotissement (6) ont été lourdement endommagés. De plus, la caserne des pompiers présente sur ce secteur s'est retrouvée, très rapidement, sous les eaux compliquant la gestion de crise. Dès la fin de crise (octobre), la Mairie a manifesté sa volonté de prévenir tout risque ultérieur en déclarant inconstructibles les secteurs les plus exposés, le long de l'Ouveze. Les documents d'urbanisme communaux pourtant révisés en 1988 ne faisaient pas mention des éventuels problèmes d'inondation et le zonage réglementaire autorisait la construction en bord de berges.

Le cas de Vaison-la-Romaine n'est pas isolé, et montre clairement que la question de la maîtrise de l'occupation du sol est un enjeu fondamental influençant directement la question de la réduction de la vulnérabilité dans les zones inondables. En ce sens, depuis plusieurs années, l'État porte son effort sur la prévention réglementaire c'est-à-dire la mise en place de documents réglementaires visant à maîtriser l'occupation du sol dans les zones à risque. Ainsi, depuis 1995, le Plan de Prévention des Risques a remplacé les anciennes procédures (PSS, PER5, article R 111-3 du code de l'urbanisme), le Ministère de l'Environnement et du Développement durable fait pression sur les DDE (qui instruisent en général les PPR), etc. La cartographie fine de ces zones à risque peut donc être considérée comme un levier, un moyen d'action permettant de limiter les dommages de ces événements.

La réglementation française répartit la responsabilité de la prévention du risque d'inondation entre trois types d'acteurs :

- Le maire est le premier responsable du maintien de l'ordre et de la sécurité sur le territoire de sa commune. Ces pouvoirs de police comprennent notamment (article L 2212-2 du Code général des collectivités territoriales) :
 - La prévention du risque d'inondation et des ruptures de digues "par des précautions convenables"
 - La gestion de la crise et de l'après crise
 - Le maire est également responsable de l'occupation du sol sur le territoire de sa commune et donc des risques créés par les constructions qu'il autorise.
 - Le maire est enfin surtout responsable de l'information de ses citoyens de l'existence de risques d'inondation par l'intermédiaire du Document d'Information et de Communication sur les Risques Majeurs (DICRIM),

- L'État a une obligation d'information des maires sur les risques présents sur leur commune. En plus, assurer la sécurité des digues de protection contre les crues, l'État par l'intermédiaire du préfet doit réaliser :
 - Le dossier départemental des risques majeurs (DDRM).
 - Les plans de prévention des risques d'inondation.

- Les riverains des cours d'eau sont seuls responsables de leur protection contre les inondations. Les propriétaires de biens fonciers bâtis ou non bâtis, situés dans les zones couvertes par un plan de prévention des risques, doivent annexer au contrat un "état des risques" (articles R 125-23 à R 125-27 du Code de l'Environnement)

Les riverains ne sont donc pas directement concernés par la conception des cartes réglementaires comme le sont les maires ou l'État, mais le fait qu'ils soient seuls responsables des risques qu'ils encourent nécessite qu'ils soient capables de comprendre les documents concernant leur situation face aux risques. En matière d'inondation, la connaissance de l'aléa et du risque peut être obtenue et diffusée grâce aux atlas des zones inondables. Cependant,

« l'existence même de ces atlas n'est pas toujours connue des citoyens »²⁰

Il y a donc la jurisprudence car malgré la non-intégration des populations lors de la création des cartes, cette dernière est responsable en cas de crise.

2. Réduire la vulnérabilité en informant les populations

« Les représentations des risques naturels évoluent en fonction du rapport que la société entretient avec son environnement »²¹.

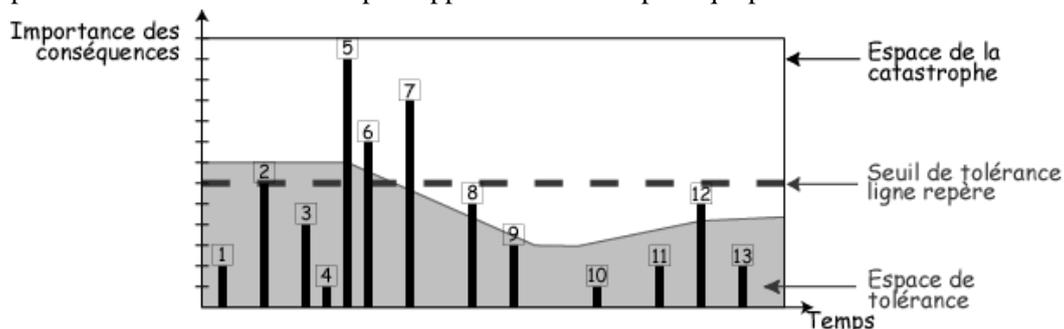
S'il est admis que la prévention de ces risques passe par le contrôle de l'occupation des sols (réglementations relatives à l'aménagement du territoire et l'urbanisme, normes de construction, dispositions réglementant les activités), l'information à la population permet de renforcer les capacités de réaction de la société donc de limiter la vulnérabilité. Une politique de prévention reste indissociable des choix collectifs et

20 POTTIER N., VEYRET Y., MESCHINET N., HUBERT G., RELIANT C., DUBOIS J., « Évaluation de la politique publique de prévention des risques naturels », 13 pages.

21 Ibid

Document 2 :
Variabilité du seuil de tolérance dans le temps
 Source : Odile BAUSSARD, 2006

individuels concernant le niveau de risque acceptable. Chaque groupe d'individus possède un seuil de tolérance par rapport aux catastrophes qui peuvent les atteindre.



L'évolution de la connaissance scientifique et surtout sa vulgarisation donc sa diffusion au sein de notre société occidentale a entraîné une diminution du seuil de tolérance. Ceci a pour conséquence qu'un aléa même mineur (par rapport événements historiques) peut être considéré comme inadmissible.

« Les catastrophes naturelles ont cessé d'apparaître comme des fléaux imprévisibles et acceptés avec plus ou moins de fatalisme, pour devenir le résultat de dysfonctionnements du système économique, social et politique, ce qui les rend difficilement supportables »²².

La prise de conscience du risque et la remise en perspective avec les événements passés permettent d'augmenter l'espace de tolérance. Les cartes peuvent jouer un rôle fondamental en informant les différents acteurs des risques encourus. Il est alors possible de matérialiser les parcelles pour lesquelles l'inondation est tolérable en fonction du type d'usage, des parcelles pour lesquelles l'inondation est intolérable. Grâce à la carte, qui concrétise le principe « inonder là-bas pour mieux protéger ici »²³ la population est en mesure de comprendre la réduction du risque passe par l'acceptation de la présence de l'aléa sur certains secteurs.

Dans la perspective de lutte contre les risques, la loi du 30 juillet 2003, dite « loi Bachelot », relative à la prévention des risques et à la réparation des dommages, vise à garantir une meilleure acceptabilité et renforcer la maîtrise du risque. Celle-ci se centre sur la définition des zones d'exposition aux aléas et sur la maîtrise du foncier. La gestion du risque se contentait, jusqu'alors, de ne pas aggraver les situations en gelant le foncier (directives Seveso).

« Depuis les années 1980, l'État développe une politique de gestion des risques fondée sur la prévention et la cartographie, afin de contrôler l'occupation des sols et les constructions. »²⁴

La « loi Bachelot » prévoit de remédier aux situations dangereuses par la « reconquête » des périmètres exposés. Les collectivités locales craignent que les expropriations dues à cette loi soient mal acceptées. Elles sont donc actuellement en pleine mobilisation pour mettre en place des cartes synthétiques, faciles à lire permettant de rendre compte de la situation à l'ensemble des administrés. Ceci aura pour but d'inciter les démarches volontaires des particuliers et des entreprises afin de réduire leur vulnérabilité.

- Les collectivités territoriales mettent en place des stratégies globales permettant de développer la prévention du risque d'inondation sur leur territoire.

²² Cours dispensés par Odile BAUSSARD niveau licence, Université de Savoie (2006)

²³ Cemagref

²⁴ POTTIER N., VEYRET Y., MESCHINET N., HUBERT G., RELIANT C., DUBOIS J., « Évaluation de la politique publique de prévention des risques naturels », 13 pages.

- Les Établissements Publics Territoriaux de Bassin (loi du 30 juillet 2003). Ces derniers développent des programmes d'action de prévention des inondations (PAPI) ayant pour vocation d'une part à traiter les bassins versants de manière globale et d'autre part à favoriser l'émergence d'une véritable conscience du risque dans la population
- La cellule d'analyse des risques et d'information préventive (CARIP) collecte les données et facilite la diffusion de l'information préventive auprès des populations.

Chapitre 2 : Des cartes informatives aux PPR opposables aux tiers

En France, la cartographie des risques naturels vise à délimiter les zones pouvant être exposées, puis à édicter des mesures de protection vis-à-vis de ces risques.

« Longtemps ignorée ou sous-utilisée, la cartographie s'est naturellement inscrite dans cette logique au sein de laquelle elle occupe maintenant une place privilégiée »²⁵.

Une première phase technique permet d'estimer la probabilité de survenance d'un phénomène donné en un endroit donné, et une deuxième phase réglementaire détermine quelles sont les meilleures réponses à apporter aux problèmes. À ces deux types de cartes il faut ajouter celles qui permettent l'information aux populations.

1. Les cartes d'Information sur les Risques Majeurs

Il en existe deux formes en fonction de l'échelle territoriale sur lequel la carte est réalisée :

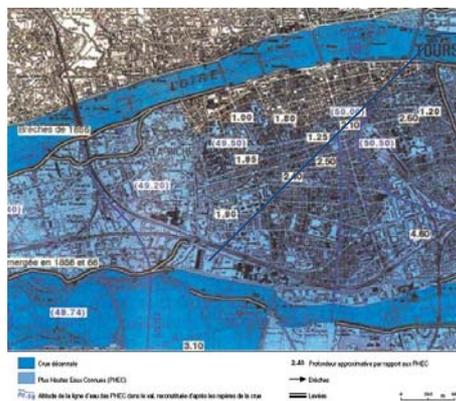
- À l'échelle communale, cette carte se nomme le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM). Le maire est le garant de son élaboration. Il est librement accessible par toute personne en mairie. L'objectif de l'information préventive est de rendre le citoyen conscient des risques majeurs auxquels il peut être exposé. Informé sur les phénomènes, leurs conséquences et les mesures pour s'en protéger et en réduire les dommages, il sera ainsi moins vulnérable.

Le maire a pour obligation de dresser un panorama des phénomènes recensés sur la commune susceptible d'entraîner des dommages. Pour cela, les zones à risque doivent être cartographiées dans le document final à la fois sous forme d'une carte par risque et d'une carte générale. La forme du document et surtout son aspect graphique est laissée à l'appréciation du maire, or il est peu fréquent qu'un élu possède des compétences en matière de cartographie.

²⁵ GARRY G., (1994), « Évolution et rôle de la cartographie dans la gestion des zones inondables en France », Mappemonde 4/94, 7 pages.

Carte 4 :
Carte informative des
phénomènes
historiques du val de
Tours

Source : Service
Hydrologique
Centralisateur d'Orléans

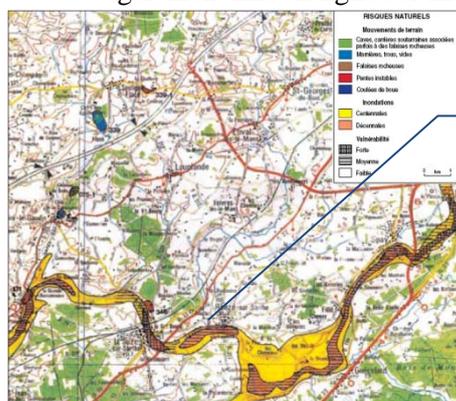


Cette carte représente une inondation qui pourrait affecter la ville de Tours. Elle a été créée en prenant comme référence la crue décennale (bleu foncé) et la plus haute crue connue (1856). L'indication des profondeurs (peu lisible pour le citoyen non informé) attire l'attention sur les risques encourus par les riverains si cette inondation devait se produire.

Le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs DDRM est un dossier rassemblant les informations essentielles sur les risques naturels et technologiques majeurs et établis par le préfet au niveau départemental (article R125-11 du Code de l'Environnement). Le DDRM est librement consultable par toute personne, sans justifications, ni redevance, à la préfecture et en sous-préfecture, ainsi qu'à la mairie des communes listées dans le DDRM. Il est également mis en ligne sur Internet à partir du site de la préfecture.

Carte 5 :
Atlas départemental
des risques de la Sarthe

Source : Préfecture de la
Sarthe

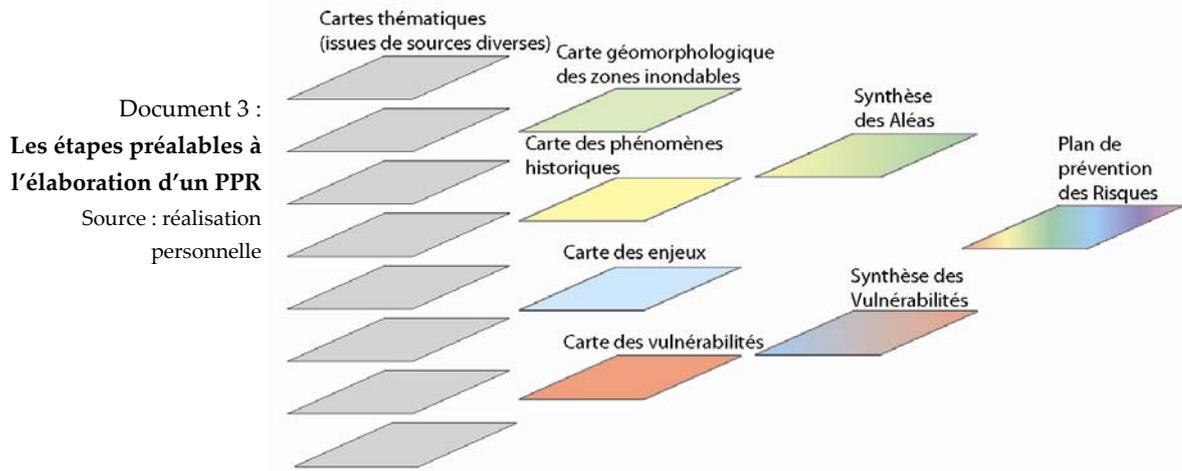


Cette carte représente les risques naturels du département de la Sarthe (y figurent la nature et la localisation des phénomènes, ainsi que le niveau de vulnérabilité).

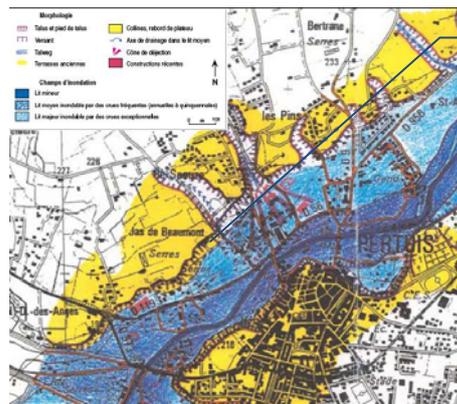
Les Plans communaux de Sauvegarde (PCS) permettent également d'informer la population mais ils possèdent toutefois un volet opérationnel en matière de gestion de crise plus important. Dans toutes les communes dotées d'un Plan de Prévention des Risques approuvé, le maire doit réaliser un PCS. Les cartes techniques destinées à la planification.

2. Les cartes techniques et réglementaires

Cette prise en compte du risque se fait au moyen d'un outil principal, le Plan de prévention des risques. Les PPR ont été mis en place par une loi récente (loi 95-101 du 2 février 1995 dite « loi Barnier ») issue de la loi de protection de l'environnement. Ils ont pour but de simplifier l'affichage du risque, en remplaçant les différents documents mis en place jusqu'alors. En réglementant l'utilisation du sol, ce document se veut être une servitude d'utilité publique et doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme. Leur élaboration est généralement effectuée par les services déconcentrés de l'État (DDE ou DIREN), sur prescription du Préfet, et se déroule en 4 étapes faisant toutes l'objet d'une cartographie :

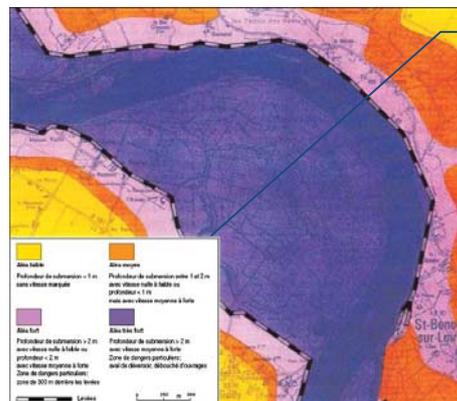


Carte 6 :
Carte d'interprétation géomorphologique des zones inondables sur la commune de Pertuis
 Source : CETE d'Aix-en-Provence



Cette carte identifie tous les éléments naturels qui marquent le relief de part et d'autre de la plaine alluviale et participent à l'écoulement des eaux : les terrasses et collines, les talus et versants, les talwegs, etc.

Carte 7 :
Carte des aléas du val d'Orléans
 Source : Service Hydrologique Centralisateur d'Orléans



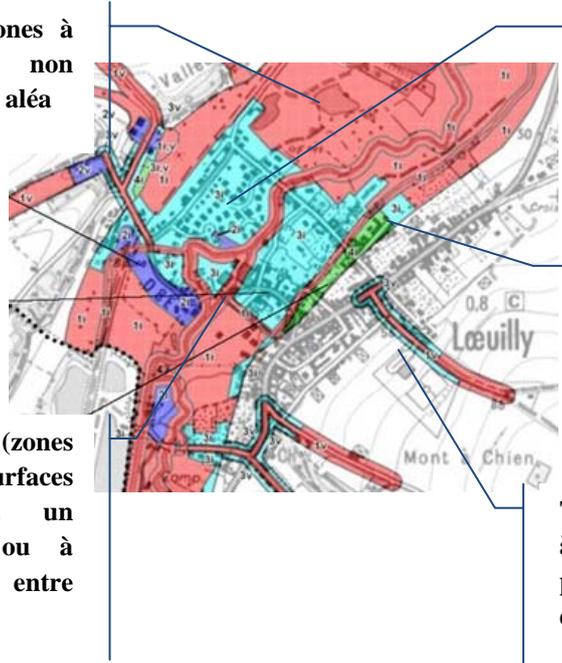
Cette carte identifie l'aléa qui pourrait survenir en cas de rupture des levées. Elle est établie en fonction de deux paramètres physiques : la hauteur de submersion et la vitesse

De manière très classique la cartographie du zonage réglementaire distingue 5 couleurs différentes : Rouge (type 1), Bleu foncé (type 2), Bleu clair (type 3), Vert (type 4) et Blanc. Le fait que les couleurs soient imposées par la réglementation n'est pas spécifique à la France. L'Union européenne préconise également l'utilisation d'une légende conventionnée.

« According to the European flood directive hazard maps shall cover the geographical areas which could be flooded using at least three scenarios: low, medium and high probability of occurrence. The colour scheme uses red as the most severe class. Orange and yellow represent the lower classes »²⁶.

26 EUROPEAN EXCHANGE CIRCLE ON FLOOD MAPPING, (2007), « Handbook on good practices for flood mapping in Europe », 198 pages.

Type 1 : Zones rouges (zones à interdiction) Surfaces non constructibles soumises à un aléa



Type 3 : Zones bleu claire (zones à prescriptions moyennes) Surfaces construites soumises à un ruissellement faible ou à hauteur de submersion inférieure 50 cm

Type 4 : Zones vertes (zones à prescriptions faibles) Surfaces construites soumises à de l'eau affleurante

Type 2 : Zones bleu foncées (zones à prescriptions fortes) Surfaces construites soumises à un ruissellement important ou à hauteur de submersion entre 50 cm et 1 m

Type 5 : Zones blanches (zones à recommandations) Zonage le plus important sur le territoire des communes

Carte 8 :
PPRI de la ville de Loeuilly
Source : www.Proxine.com

Le PPRI est arrêté par le préfet après enquête publique et avis des conseils municipaux des communes concernées. Le PPRI approuvé est annexé au plan local d'urbanisme (PLU). Il vaut servitude d'utilité publique et son non-respect peut-être sanctionné pénalement.

Le PPRI comprend également un règlement, qui définit les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à appliquer dans chacune de ces zones (sous forme d'interdictions ou de prescriptions).

Le PPRI peut recommander, ou même imposer des aménagements sur l'existant, c'est-à-dire sur les constructions, aménagements ou terrains agricoles existant dans les zones de danger ou de précaution avant la réalisation du document. Le coût de ces aménagements ne doit cependant pas dépasser 10 % de la valeur du bien. Le PPRI peut également prescrire des mesures ayant pour objectif le libre écoulement des eaux et la conservation, la restauration ou l'extension des champs d'inondation. Il peut de même prescrire aux particuliers des travaux de prévention des risques. Il peut encore définir des règles relatives aux réseaux et aux infrastructures publiques, afin de faciliter les évacuations ou l'arrivée des secours en cas d'inondation.

Certaines mesures peuvent être rendues obligatoires, en fonction de la nature et de l'intensité du risque, dans un délai de cinq ans, pouvant être réduites en cas d'urgence. À défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur.

Conclusion

Lorsque la population est informée du risque qui peut l'atteindre, celle-ci améliore considérablement (d'elle-même) son fonctionnement et sa gestion en temps de crise, cela fait partie intégrante de la prévention qui apporte des changements au niveau de la préparation individuelle mais peut également affecter, à moyen terme, le développement spatial et économique dans les zones inondables.

« L'individu peut se servir de la connaissance qu'il a et du contexte dans lequel il est pour déterminer le cours de son action »²⁷

Les collectivités ont donc tout intérêt à mettre l'accent sur cet aspect d'autant plus que la protection coûte extrêmement cher.

De plus, la société peut se construire une mémoire collective, plus ou moins pérenne lui permettant d'être plus réactive lors d'un prochain événement.

En ce sens, deux écueils majeurs ressortent en ce qui concerne l'élaboration des cartes liées aux risques :

- Les populations riveraines ne sont informées du projet uniquement par l'intermédiaire de réunions de concertation (obligatoires légalement) mais situées généralement en aval de la réalisation du PPRi. Pour preuve, la ville de Paris a mis en place des enquêtes publiques où les Parisiens ont consulté les cartes et consigné leurs observations sur les registres. Cela signifie donc que les observations de la population ont été faites après l'élaboration des documents. Au terme de cette enquête publique, la commission d'enquête a rendu son rapport et certaines modifications (mineures) ont été réalisées.
- Toutes ces cartes, réalisées par différents acteurs, ne respectent pas toutes les règles de sémiologie graphique. Étant donné qu'il existe un lien entre elles (la conception des unes dépendant des autres), une « défaillance » produite en amont peut avoir des répercussions sur l'ensemble du jeu de cartes et ainsi modifier considérablement la lecture de ces dernières.

27 VERSTRAETE T., « La cartographie cognitive : outil pour une démarche d'essence heuristique d'identification des Facteurs Clés de Succès », CLARÉE, URA CNRS 936 33 pages

PARTIE 2 : DE LA SEMIOLOGIE GRAPHIQUE CLASSIQUE A LA SEMIOLOGIE GRAPHIQUE EXPERIMENTALE : DIAGNOSTIC

Introduction

Quelles que soient les évolutions techniques (de la carte dessinée à la main jusqu'à celle établie par ordinateur), la carte n'en reste pas moins une « fabrication » qui implique des choix dans les informations à représenter et dans leur symbolisation. Comme l'écrit Jean-Claude Groshens, la réalisation d'une carte se trouve

« à la confluence de la science exacte et de l'art »²⁸.

Nonobstant, ces choix ne se font pas de manière aléatoire mais répondent à des règles très spécifiques établies par Jacques Bertin et appelées « sémiologie graphique ». Michèle Béguin et Denise Pumain la définissent comme étant

« l'ensemble des règles permettant l'utilisation d'un système graphique de signes pour la transmission d'une information. Le langage cartographique est une forme d'expression dont les signes graphiques élémentaires (le point, le trait, et le polygone) seraient l'alphabet, dont l'alphabet est fait de variables visuelles et dont la syntaxe est définie par les règles de la perception visuelle »²⁹.

Ce langage doit permettre de différencier, comparer, ordonner, mémoriser les informations transcrites sur la carte. Or, si la fabrication d'une carte implique une stricte application des règles établies, ces dernières permettront seulement de réaliser une carte sans faute majeure mais pas forcément une « bonne carte »³⁰. Le langage cartographique doit donc être visuel, universel, clair et cohérent mais aussi et surtout

« fondé sur la perception visuelle »³¹.

Ce premier chapitre cherche à étudier les méthodes d'élaboration et de lecture d'une carte répondant aux principes de la sémiologie graphique classique. Il sera ensuite question de se pencher sur les limites inhérentes à ce mode de cartographie en utilisant comme support certaines cartes de risques.

28 GROSHENS J.C., citation tirée de REKACEWICZ P., (2006), « La cartographie, entre science, art et manipulation », Le Monde Diplomatique

29 BEGUIN M., PUMAIN D., (1994), « La représentation des données géographiques », Armand Colin

30 WEGER G., (1999), « Cartographie — volume 1 : sémiologie graphique et conception cartographique », École Nationale Des Sciences Géographiques

31 BRUNET M., WATELLE V., (2004), « Sémiologie graphique : Traiter et représenter l'information quantitative », Université d'Orléans

Chapitre 1 : Les concepts du langage graphique classique.

Jacques Autran, Marius Fregier et Michel Perloff considèrent

« l'écriture graphique comme procédant de la conception, à la fois dans le sens de l'élaboration d'une connaissance de l'espace et dans celui de la conception, du projet »³².

La sémiologie graphique permet une transmission correcte de l'information et aboutie à la création d'une image cartographique aisément accessible à tous. Elle repose sur des règles de construction symbolique en s'appuyant sur une codification des écritures et sur des principes esthétiques généraux. Avant d'aborder l'étude des outils graphiques il est nécessaire d'analyser à la fois la démarche du cartographe et celle du lecteur.

1. La carte n'offre aux yeux du public que ce que le cartographe veut bien montrer !

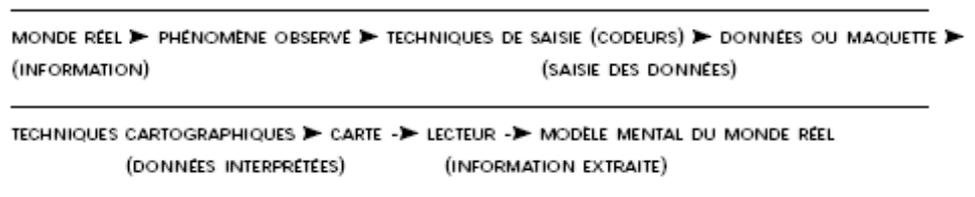
A. Modèle linéaire de la sémiologie classique.

L'ONU en 1949 donnait de la cartographie la définition suivante :

« c'est la science qui traite de l'établissement des cartes de toutes sortes. Elle englobe toutes les phases de travaux, depuis les premières levées jusqu'à l'impression finale des cartes »³³.

Ce que l'ONU appelle « phases de travaux » est, en fait, un procédé universel et extrêmement précis composé de plusieurs étapes. Tous les spécialistes, dont l'École Nationale des Sciences géographiques (référence française), ont produit des ouvrages concernant la fabrication des cartes (Pour les plus connus : Jacques BERTIN, Serge BONIN, Michel BEGUIN et Denise PUMAIN, Roger BRUNET, Didier POIDEVIN, Mark MONMONNIER, Jean VARLET). Dans chacun d'eux, on retrouve de nombreuses règles constituant une véritable « méthode » permettant la réalisation d'une « bonne carte » :

Document 4 :
Modèle linéaire de la sémiologie graphique
Source : G. Weger, 1999



- Le concepteur des cartes, généralement un spécialiste, dégage une problématique issue du territoire réel. Il faut alors identifier l'objectif de la carte. Quel est le message que le cartographe souhaite transmettre ?
- Cet observateur, mets en œuvre des techniques de saisie (systèmes de codage) adaptées à la nature des phénomènes, qui lui permettront d'acquérir l'information. Cette dernière est à ce stade sous forme de données brutes.
- Le cartographe doit transcrire ces données grâce aux techniques cartographiques (sémiologie graphique). Parallèlement il est nécessaire d'identifier à qui

32 AUTRAN J., FREGIER M., PERLOFF M., (1998), « SIG, graphique et projet urbain », Mappemonde 1/98

33 ONU Citation tirée de WEGER G., (1999), « Cartographie — volume 1 : sémiologie graphique et conception cartographique », École Nationale Des Sciences Géographiques

s'adresse la carte, c'est-à-dire définir la cible, le public (enfants, novices, spécialistes, décideurs, bailleurs...)

- Enfin le lecteur pourra, en décryptant la carte, extraire l'information et recréer un modèle mental aussi proche que possible du phénomène réel.

À travers cette démarche, on s'aperçoit que le point de départ de la cartographie est le spécialiste lui-même³⁴. Les attentes du récepteur ne sont abordées que dans le troisième point, celles-ci ne sont donc jamais associées directement à la création de la carte. Par conséquent la communication a lieu depuis l'auteur émetteur du message vers un individu récepteur sans jamais aucune rétroaction³⁵.

B. La carte sous l'influence de l'auteur

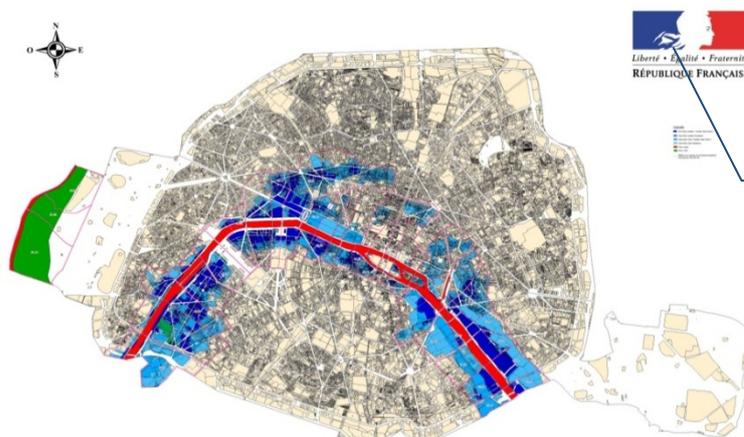
« La carte n'est pas le territoire ! Elle en est tout au plus une représentation ou une perception de son auteur »³⁶.

Elle ne donne qu'une image tronquée, incomplète, partielle, voire même trafiquée de la réalité.

« Même les cartes topographiques les plus détaillées font l'objet d'une pensée et d'une construction minutieuses, chacun de leurs éléments étant soigneusement choisi : certains sont renforcés, d'autres disparaissent [...] Voilà de quoi sonner le glas des illusions de cette partie du public qui lit la carte comme un fidèle reflet de ce qui se passe sur le terrain »³⁷.

Cette confusion, dans l'esprit des lecteurs, peut être amplifiée quand la carte est estampillée par des États, des institutions nationales réputées et reconnues ce qui est souvent le cas des cartes de risque³⁸.

Carte 9 :
PPRi de la ville de
Paris
Source : Portail de
prévention des risques
majeurs — www.prim.net



Sur le PPRi de la ville de Paris, le logo apparaît disproportionné par rapport à la taille globale de l'image.

La sélection d'objets opérée par le cartographe,

« comme d'ailleurs le choix des représentations visuelles qui les symbolisent »³⁹,

relève exclusivement de sa responsabilité. Étant donné que

« chacun perçoit la réalité différemment »⁴⁰,

34 BERTIN J., (1977), « La graphique et le traitement graphique de l'information », Collection Nouvelle, Flammarion,

35 Ibid

36 Expression de KORZYBSKI tirée de BATESON G., (1984), « La nature et la pensée » Éditions du Seuil

37 REKACEWICZ P., (2006), « La cartographie, entre science, art et manipulation », Le Monde Diplomatique

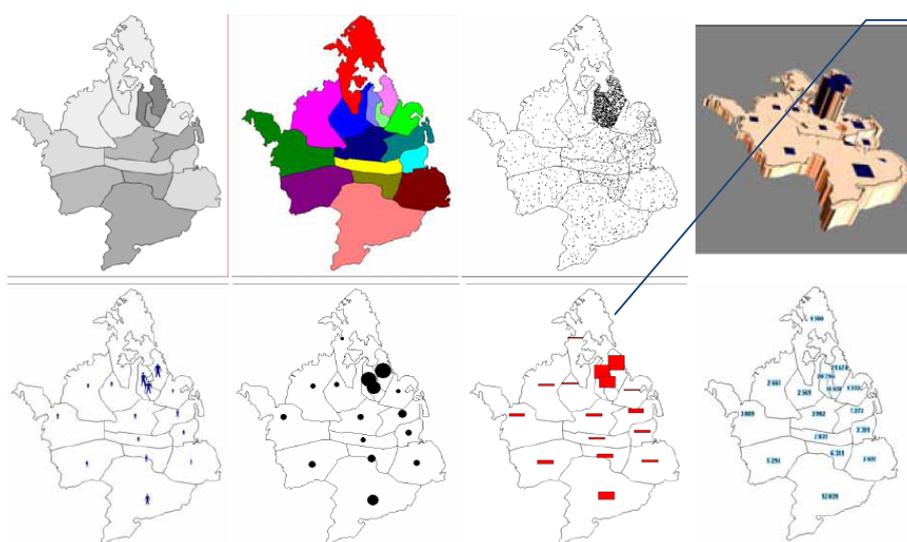
38 Ibid

39 Ibid

40 CALOZ R., SCHNEUWLY D., (2008), « Perception de l'espace et modélisation », <http://www.gitta.info>

chaque observateur d'un territoire va en fournir une description ou une représentation différente. Ce processus appelé modélisation spatiale implique une simplification de la réalité afin de fournir une représentation cartographique.

Il est possible de cartographier une base de données de façons multiple, en mobilisant les différentes variables visuelles disponibles.



De gauche à droite et de haut en bas :

- 1 : Niveaux de gris avec même nombre d'enregistrements
- 2 : Couleurs discontinues
- 3 : Densité de points
- 4 : prismes
- 5 : Symboles pleins proportionnels
- 6 : Cercles pleins proportionnels
- 7 : Histogrammes
- 8 : Effectifs numériques en étiquettes

Document 5 :
Densités de peuplement des Districts cartographiés de 8 façons différentes

Source : Bulletin de l'information géographique, 2008

Le document, ci-dessus, montre huit représentations cartographiques d'un même phénomène celui des « densités de peuplement » pour les districts d'Antsiranana I et II⁴¹. Malgré le fait que toutes respectent les règles de sémiologie graphique, toutes ne sont pas aussi efficaces en matière de communication et ne font pas passer le même message. L'objectif de ce cartographe était de montrer, aux décideurs, les contrastes existants sur le territoire de manière à pratiquer un éventuel rééquilibrage territorial. Il est probable que

« de nombreuses personnes auraient choisi la 1ère carte (niveaux de gris) comme étant la plus explicite »⁴².

Ainsi, le croisement des techniques graphiques aux besoins du destinataire permet d'éviter l'écueil majeur à savoir faire le choix entre

« conformité de la représentation » et « lisibilité de la carte ».⁴³

2. Ce que le lecteur veut ou peut voir...

Puisque la carte utilise une symbolique conventionnelle, pour faire passer un message, on peut la considérer comme un mode de communication. Transmettre une information implique évidemment que le lecteur puisse la percevoir et l'interpréter correctement. Prend alors naissance l'idée de contraintes liées au type et à la nature de l'information à cartographier, aux différents moyens d'expression (légende et partie graphique) mais également à l'utilisateur lui-même. Il semble alors légitime de se demander comment percevons-nous les images?

41 BULLETIN DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE APPLIQUEE AUX ACTIVITES DE RECHERCHE DEVELOPPEMENT, (avril 2008), « Initiation à la sémiologie graphique ou « Comment construire des cartes lisibles et efficaces ' ? »

42 Ibid

43 CHESNEAU E., (2006), « Pour une amélioration automatique des contrastes colorés en cartographie : application aux cartes de risque», Résumé d'une thèse préparée à l'IGN et à l'Université de Marne-la-Vallée

« C'est une question extrêmement complexe qui n'est encore que très partiellement élucidée »⁴⁴.

En dépit du fait que nous possédons tous la même anatomie globale, il a été démontré par de nombreuses études universitaires que chaque individu possède sa propre perception des cartes.

« Chacun perçoit la réalité différemment, ainsi chacun en observant un territoire va en fournir une description ou une représentation différente »⁴⁵.

C'est ce que Kamal Serrhini appelle la « perception anthropique » qui dépend essentiellement de la « focale d'observation »⁴⁶. Le service du cadastre, pour le calcul de l'impôt, s'intéresse principalement aux bâtiments et aux limites des parcelles des propriétés. Le géologue va dresser une carte géologique des changements de nature de roche. L'aménageur va se focaliser sur les changements de catégories d'utilisation de l'espace. La perception dépend donc du niveau de connaissance de l'individu.

« La perception d'une image considérée comme étant "saine" idéologiquement, ne générera pas toujours les mêmes réactions de la part d'un groupe d'individus : l'expression de la dimension socio-culturelle est forte ».⁴⁷

D'après Goswami et Bryant (1991), tout individu utiliserait, pour reconnaître des objets, une procédure d'identification globale, également dénommée stratégie visuelle. Cela consisterait à mémoriser la forme et par apprentissage à lui donner du sens. Cependant, en fonction de l'individu le sens donné à une image perçue peut varier notamment par le fait que d'un individu à l'autre les stratégies visuelles diffèrent⁴⁸.

Malgré une connaissance encore lacunaire concernant les processus d'appropriation visuelle du langage cartographique, il est possible d'établir que grâce aux capacités particulières de notre perception visuelle le message est appréhendé d'une manière aisée. En effet,

« le décryptage s'effectue par une série de brèves fixations visuelles qui balayent l'ensemble de l'image »⁴⁹.

Cette faculté permet une double perception du message graphique : une vision globale de l'image et une vision fine des détails.

44 GORDON (1998), citation tirée de SCHMITT F., « La vision et la perception humaine », 12 pages.

45 CALOZ R., SCHNEUWLY D., (2008), « Perception de l'espace et modélisation », <http://www.gitta.info>, 17 pages.

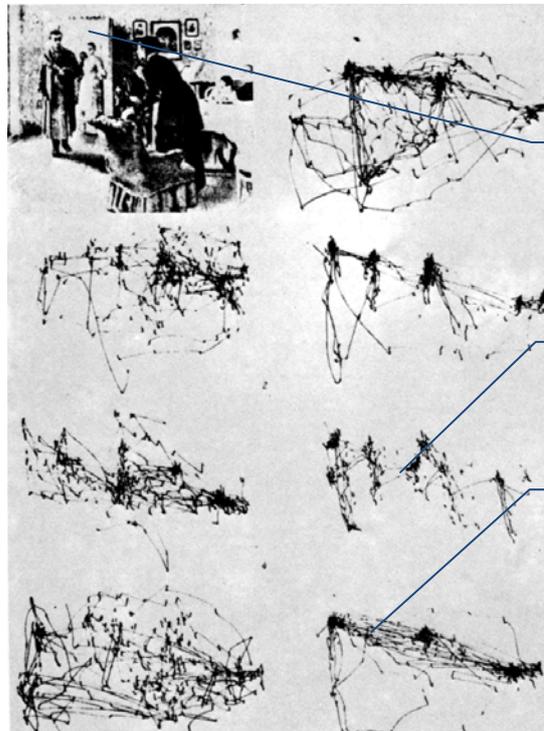
46 SERRHINI K. (2000), « SERRHINI K., « Évaluation spatiale de la covisibilité d'un aménagement. Sémiologie graphique expérimentale et modélisation quantitative », Thèse de doctorat, CESA, 481 pages.

47 SERRHINI K. (2000), « Évaluation spatiale de la covisibilité d'un aménagement. Sémiologie graphique expérimentale et modélisation quantitative », Thèse de doctorat, CESA, 481 pages.

48 Citation tirée de DEMONT E., GOMBERT J.E., (2004), « L'apprentissage de la lecture : évolution des procédures et apprentissage implicite », Presses Universitaires de France - Volume 56, pages 245 à 257

49 DOBSON (1977), citation tirée de WEGER G., (1999), « Cartographie - volume 1 : sémiologie graphique et conception cartographique », École Nationale Des Sciences Géographiques, 141 pages.

Document 6 :
**Chemin que suit l'axe
 du regard**
 Source : Yarbus et Kolers,
 1972



Les sept images de stratégies visuelles qui montrent que face à la même image, l'observateur va fixer des points différents donc se souvenir de choses différentes.

Pour observer certains détails les mouvements oculaires verticaux sont à privilégier

Pour d'autres une stratégie de lecture horizontale apparaît logique. (D'après Kamal Serrhini, cette logique est probablement influencée par la lecture en général d'un texte latin (de gauche à droite et de bas en haut))

Concernant la lecture des cartes, la difficulté réside dans le fait que

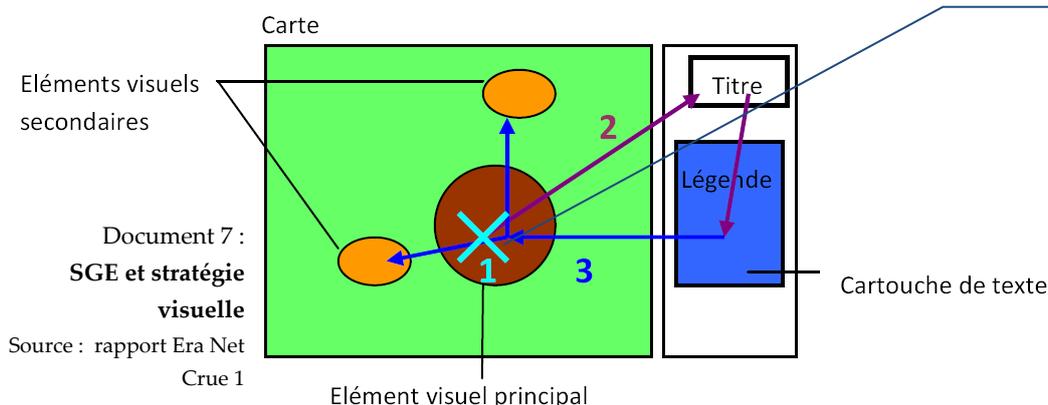
« le langage cartographique constitue un système complexe qui articule deux modes d'expression »⁵⁰

soit la légende et la représentation graphique.

Selon Jacky Fontanabona, deux démarches de lecture de carte s'opposent :

- Lecture de la légende se fait en premier. Le sens de chaque figuré est lu l'un après l'autre et accompagné d'une observation de la distribution spatiale sur la carte.
- L'observation de la carte en premier pour percevoir les agencements de figurés. Ensuite, le lecteur consulte la légende pour connaître la substance des phénomènes cartographiés.

Aude Bignard, Juliette Rochman et Kamal Serrhini ont mis en évidence l'existence d'une troisième méthode⁵¹.



Le regard démarre au centre de l'image permettant de retenir les éléments graphiques les plus visibles, « ce qui saute aux yeux ». Le regard se déplacerait vers la légende et enfin reviendrait au centre pour en extraire des informations complémentaires.

50 FONTANABONA J., « Langage cartographique et connaissances géographiques », INRP, 6 pages.

51 BIGNARD A., (2008), « Cartographie du risque d'inondation : perception et aide à la décision en aménagement », mémoire du Projet de Fin d'Études, sous la direction de K. Serrhini, Département Génie de l'Aménagement, École Polytech'Tours, 139 pages.

B. Conflit entre automatiséation de la cartographie et sémiologie

Un SIG est défini comme

« l'ensemble des structures, des méthodes, des outils et des données, constitué pour rendre compte des phénomènes localisés dans un espace spécifique et faciliter les décisions à prendre sur cet espace »⁵⁶.

Dans le domaine de la gestion des crises, les SIG constituent des outils particulièrement intéressants notamment grâce à

« leur performance de stockage et de représentation des données littérales et graphiques »⁵⁷.

Cependant, si la carte informatique

« offre un langage commun aux différents acteurs »⁵⁸,

le traitement de l'information peut comporter certaines erreurs.

« La théorie permettant de faire des bonnes cartes (esthétiques et compréhensibles) est connue depuis longtemps et les outils SIG actuels offrent de nombreuses fonctionnalités de cartographie et d'édition thématique »⁵⁹.

On peut donc s'interroger sur la cohérence entre théorie et la pratique à travers la question suivante : la géomatique nous aide-t-elle à faire de bonnes cartes et à mieux comprendre le territoire ?

« Nous sommes passés d'une ère où l'information cartographique était rare et peu détaillée, à une période où elle devient pléthorique »⁶⁰.

« Pour les seuls risques, certains départements disposent d'une douzaine de couches thématiques »⁶¹.

Certaines d'entre elles sont de lecture délicate et montrent leur limite.

« New mapmakers often do not have specialized education or training in cartographic design »⁶²

et le résultat de ses cartes est souvent très pauvre et peuvent parfois engendrer des erreurs d'interprétation dommageable en cas de crise. (en page 39)

De plus, les utilisateurs manquent très souvent de formation. En 1998, la direction de la prévention des pollutions et des risques du ministère chargé de l'Environnement a étudié la mise sur Internet de cartes des risques. Le parti pris de s'adresser au grand public a induit quelques problèmes. L'objectif du ministère était de proposer une vision complète des risques sur le territoire à l'ensemble des citoyens. De manière à contourner la difficulté de lecture d'une carte multithématique par un individu « lambda », la logique

56 JOLIVEAU, (1996), citation tirée de MOULIN P., (2006), « Pour une pertinence de l'information géographique dans la gestion de crise... », Mémoire de recherche, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, Institut d'Aménagement Régional, 120 pages.

57 AUTRAN J., FREGIER M., PERLOFF M., (1998), « SIG, graphique et projet urbain », Mappemonde 1/98, 4 pages.

58 STEINBERG, (1993) et ZIMMERMANN, (1996), citations tirées de MOULIN P., (2006), « Pour une pertinence de l'information géographique dans la gestion de crise... », Mémoire de recherche, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, Institut d'Aménagement Régional, 120 pages.

59 LEOBET M., (2007), « La cartographie sur l'Internet au service du citoyen : un enjeu d'usages », L'information géographique, géosciences n°6, 10 pages.

60 MEYER Y., (2005), « Perception et compression des images fixes », consultable sur le site : www.cmla.ens-cachan.fr/Cmla/index.html.

61 LEOBET M., (2007), « La cartographie sur l'Internet au service du citoyen : un enjeu d'usages », L'information géographique, géosciences n°6, 10 pages.

62 MCKENDRY J. E., (2000), « The influence of map design on resource management decision making », Cartographica, vol 37/2, 12 pages.

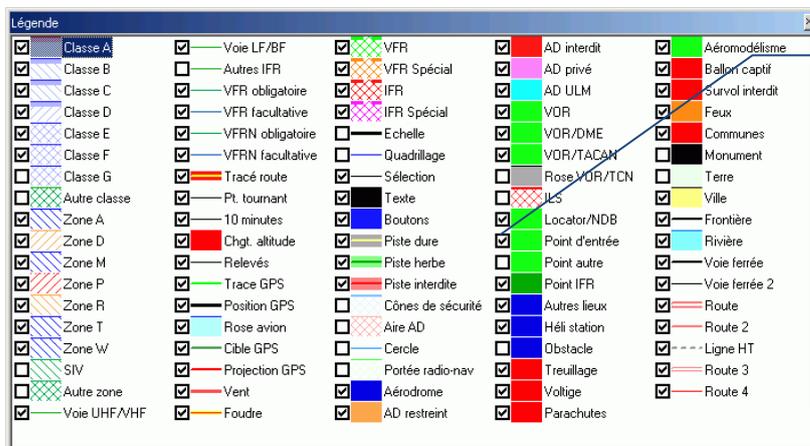
d'affichage par couche a été préférée. La complexité informatique est un obstacle souvent rédhibitoire pour permettre une bonne appropriation des cartes.

« Toute l'appropriation culturelle du média restait à faire »⁶³

tant pour les utilisateurs que pour certains concepteurs de carte.

Document 9 :
Logique d'affichage par couche
thématique

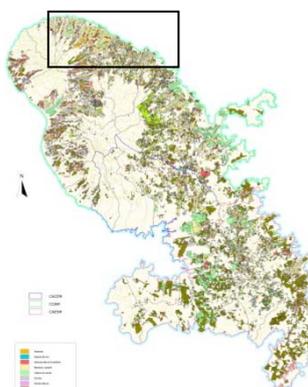
Source : <http://françois.fouchet.free.fr>



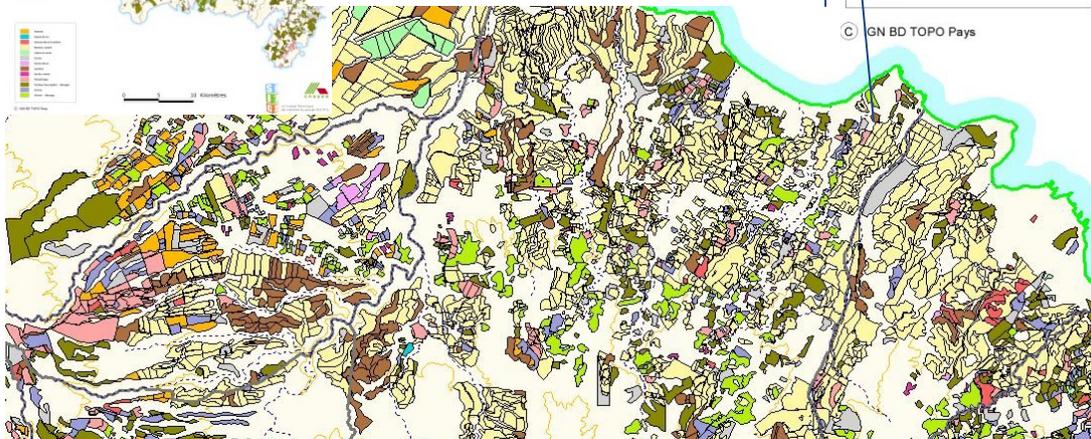
En cochant un thème, la zone concernée par cette dernière apparaît sur la carte. Cependant, si toutes les variables sont cochées, il est probable que des aplats se superposent

Carte 10 :
Espaces et usages agricoles de la
Martinique (2005)

Source : Les acteurs de SIG972: DIREN, DDE, DAF, GEODE, ONF, SAFER, OMMM, CEL, ONCFS, PNRM, CIRAD, IRD, CEMAGREF, CNASEA, ADUAM, DSDS, ODE, etc.



Cette carte représentant les espaces et usages agricoles de la Martinique est publiée et imprimable en format A0. Malgré cela, à cause du morcellement du parcellaire et du nombre de données représentées, la carte est parfois difficile à lire sur certaines zones.



Certaines cartes représentant le risque d'inondation sont opposables aux tiers et ont des conséquences sur l'aménagement du territoire, elles sont fortement encadrées par la législation. Ainsi, la sémiologie graphique est souvent imposée par la réglementation française ce qui possède l'avantage de supprimer la « subjectivité » du concepteur de la carte mais entraîne des difficultés en termes de lecture.

63 MCKENDRY J. E., (2000), « The influence of map design on resource management decision making », Cartographica, vol 37/2, 12 pages.

Chapitre 2 : La sémiologie graphique classique des cartes de risque contrainte par la réglementation française

Des bureaux d'études ont développé de nombreuses approches pluridisciplinaires pour appréhender les phénomènes liés à l'eau et apportent des solutions pour la maîtrise du risque d'inondation. À l'aide de calculs (hauteur, vitesse, durée de submersion), de modélisations mathématiques ou d'analyses hydro-géomorphologiques, ces derniers cartographient les aléas, les enjeux et les vulnérabilités des territoires, etc. Certaines cartes, avec des zonages réglementaires (PPRi) ont pour finalité de prévenir le risque en réglementant l'occupation du sol. Le porté à connaissance implique une appropriation de ces documents par l'ensemble de la population. Toutefois, durant le colloque « Prévirisq »⁶⁴, les responsables de bureau d'études réalisant les PPR, nous a affirmé qu'ils ne percevaient pas l'intérêt d'adapter la sémiologie au public visé. Le code couleur étant imposé par la réglementation française, ce dernier était inéluctablement efficace.

« La gestion du risque d'inondation est une composante critique de la sécurité et de la qualité de vie »⁶⁵.

Dans ce domaine, il est établi que la réduction des dommages ne peut s'abstenir de la participation, voire de l'investissement des habitants. Pour ce faire, l'Union européenne a adopté la directive européenne sur l'estimation et la gestion du risque d'inondation (Directive Inondations du 3 octobre 2007).

« Cette directive requiert une estimation préliminaire du risque d'inondation, suivie par l'établissement de cartes d'aléa et de risque et finalement de plans de gestion du risque d'inondation dans les États Membres, pour 2015. L'application de la Directive Inondations nécessitera une base solide de connaissances et d'outils ainsi que le développement de stratégies de gestion et de gouvernance améliorées »⁶⁶.

Ainsi les cartes représentant des risques sur un territoire doivent sensibiliser à ceux-ci mais également en faciliter la prévention grâce à la prise de décision, à l'action.

« Un des critères de l'efficacité est la lisibilité : une carte facile à lire et à comprendre de façon correcte renforce la probabilité d'atteindre son objectif »⁶⁷.

Or, nous l'aborderons dans les lignes suivantes, d'un point de vue sémiologique, les documents réglementaires ne respectent pas complètement les recommandations et donc sont difficilement accessibles à l'ensemble des utilisateurs.

1. Organisation générale du document graphique

Les recherches précédentes notamment celles d'Aude Bignard, ont mis en avant quelques grands principes généraux concernant les éléments communs à respecter pour faciliter la lecture d'une carte de risque. D'un point de vue organisationnel, le PPRi d'Issy-les-Moulineaux ne respecte pas ces préconisations :

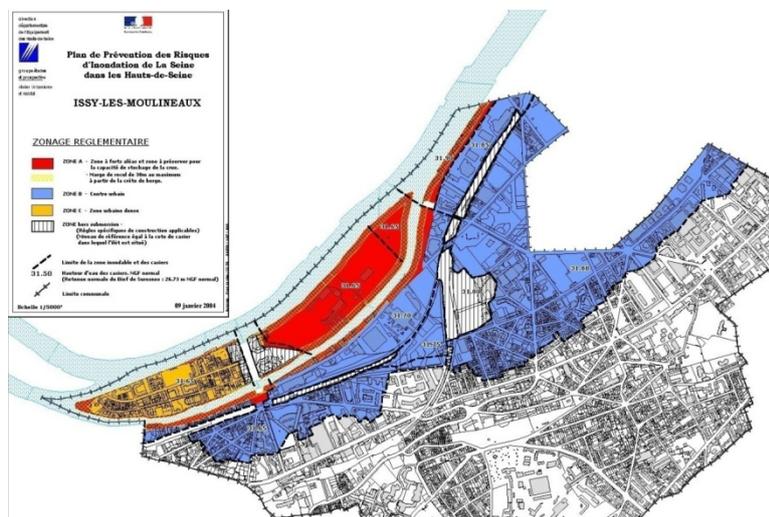
64 Colloque « Prévirisq » organisé à Tours durant le mois de novembre 2008

65 Rapport ERA Net CRUE, (2008), « development of flood risks in mountains catchments and related perceptions »

66 Ibid

67 CHESNEAU E., (2006), « Pour une amélioration automatique des contrastes colorés en cartographie : application aux cartes de risque », Résumé d'une thèse préparée à l'IGN et à l'Université de Marne-la-Vallée, 13 pages.

Carte 11 :
PPRi de la commune
d'Issy-les-Moulineaux
Source : www.issy.com



« Le texte et en particulier du titre et de la légende à un fort pouvoir attractif »⁶⁸,

or il semble que sur cette carte ceux-ci soient trop petits. De plus, la position de ces deux éléments joue un rôle considérable pour permettre une compréhension rapide d'une carte.

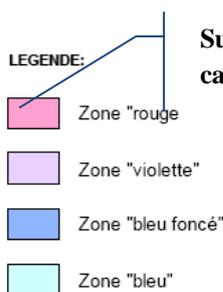
« Les candidats ont préféré que la légende soit à droite de la carte »⁶⁹.

Il est donc fort probable que la lecture de cette carte et notamment l'articulation légende-image soit rendue difficile d'accès pour un utilisateur non expert.

2. Des cartes non utilisables toutes seules.

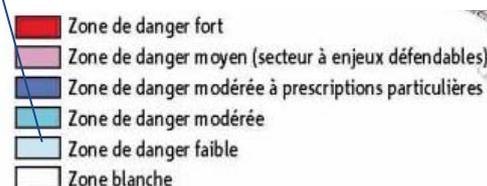
Avec la légende du PPRi (gauche), le lien entre la couleur matérialisant les différents types de zones et les dispositions applicables sur ces zones n'est pas direct. Le lecteur doit donc avoir, en plus de la cartographie, un document écrit souvent imposant (plus de 60 pages pour le PPRi du Val-de-Marne) pour avoir les recommandations et règles imposées par la zone.

Document 10 :
Extraits des légendes des PPR
de la basse vallée de la
Touques (inondation) et du
Massif des Maures (incendies
forestiers)
Source :
www.calvados.equipement.gouv.fr
et www.cete-mediterranee.fr



Sur la légende de ce PPRi, la légende ne participe pas à une bonne lecture car l'explication des couleurs apparaît très sommaire voire « inutile ».

Hormis l'explication de la zone blanche, cette légende apparaît comme plus explicite et permet une compréhension plus rapide et directe de la carte



3. Une utilisation peu efficace de la couleur rendant les cartes peu lisibles

L'utilisation de la couleur sur les cartes liées au risque n'est pas due au hasard. En effet, en plus d'une forte valeur esthétique, elle est sans doute la variable qui possède le plus

68 BIGNARD A., (2008), « Cartographie du risque d'inondation : perception et aide à la décision en aménagement », mémoire du Projet de Fin d'Études, sous la direction de K. Serhini, Département Génie de l'Aménagement, École Polytech'Tours, 139 pages.

69 Ibid

« fort pouvoir différenciateur entre les éléments »⁷⁰.

Or, de manière très fréquente sur ces cartes, il est question d'identifier différentes zones subissant le même phénomène à des intensités différentes.

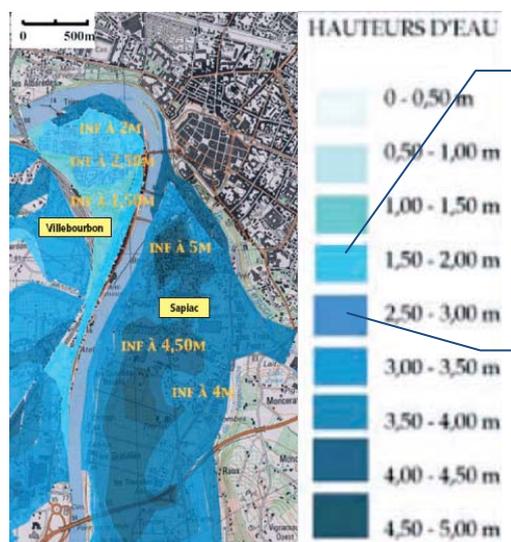
A. Les couleurs ne traduisent pas correctement la relation d'ordre entre les types de zones

Il n'est pas rare que la variation visuelle valeur présente sur les PPRi ne traduise pas correctement la gradation du niveau de risque existant. En sémiologie graphique, pour cartographier des quantités ordonnées en classes (Ex. : de 0 à 5, de 6 à 10, de 11 à 20, etc.), on doit utiliser une teinte unique déclinée en paliers de valeur : c'est un dégradé camaïeux. Ces derniers doivent également être ordonnés dans le même sens que les classes.

« Il apparaît ainsi qu'une carte qui suit une organisation hiérarchique devient plus lisible »⁷¹.

« Quand il s'agit de représenter avec la couleur un caractère ordonné, une carte « correcte » devrait utiliser un dégradé dans une seule couleur »⁷²

Carte 12 :
Carte d'aléa (hauteur d'eau) de Villebourbon et Sapiac
Source : Direction générale de la prévention des risques du meeddat, établissement public Loire



Pour représenter ce genre de variables, les classes doivent être continues. Or il manque la classe [2,00 – 2,50], ce qui provoque un décalage dans le dégradé camaïeux

Le dégradé de couleur n'est pas bien ordonné. Ce bleu étant plus foncé que celui de la classe juste supérieure

B. La perception est basée sur un savoir inconscient

Le choix de la couleur elle-même, reste à l'appréciation du cartographe. Cependant, il est recommandé d'utiliser des couleurs évocatrices (forêts en vert foncé, prairies en vert clair, eau en bleu, sable en jaune, etc.) ainsi par simple association, et sans recours excessif à la légende, l'observateur comprend d'emblée l'essentiel de l'information représentée.

« Les robinets d'eau chaude et froide sont repérés dans le monde entier par le bleu et le rouge »⁷³.

Sur les PPR, le risque est souvent matérialisé par les couleurs rouge et bleu ce qui d'un point de vue symbolique est fortement critiquable. Si le rouge symbole de l'instinct

70 BULLETIN DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE APPLIQUEE AUX ACTIVITES DE RECHERCHE DEVELOPPEMENT, (2008), « Initiation à la sémiologie graphique ou « Comment construire des cartes lisibles et efficaces » ? », n°1 – avril, 8 pages.

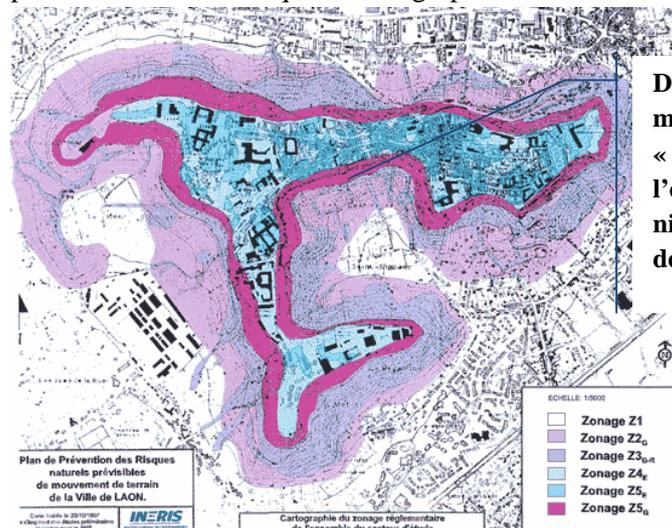
71 CHESNEAU E., (2006), « Pour une amélioration automatique des contrastes colorés en cartographie : application aux cartes de risque », Résumé d'une thèse préparée à l'IGN et à l'Université de Marne-la-Vallée, 13 pages.

72 BEGUIN M., PUMAIN D., (1994), « La représentation des données géographiques », Armand Colin, 192 pages.

73 BULLETIN DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE APPLIQUEE AUX ACTIVITES DE RECHERCHE DEVELOPPEMENT, (2008), « Initiation à la sémiologie graphique ou « Comment construire des cartes lisibles et efficaces » ? », n°1 – avril, 8 pages.

combatif et ses tendances agressives représentent bien la notion de danger, le bleu est une hérésie. C'est, en effet, la couleur évoquant l'équilibre, le besoin de sérénité, le repos soit un contre emploi parfait avec la notion de risque.

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de mouvement de terrain de la ville de Laon ne semble pas avoir tenu compte de la préconisation législative en matière de couleur. Mais là encore les couleurs utilisées ne sont, d'un point de vue symbolique, pas cohérente avec ce que le cartographe veut montrer.



D'après D. Poidevin, [« La carte : moyen d'action » - 1999] le violet est « peu visible » or la zone Z5G englobe l'ensemble des secteurs soumis à un niveau d'aléas très fort de glissement de terrain.

Carte 13 :

Plan de prévention des risques naturels de la ville de Laon

Source : Direction générale de la prévention des risques du meeddat, établissement public Loire

Cette interprétation a toutefois pour limite les différentes perceptions entre individus. Prenons l'exemple du vert où le contexte national joue un rôle important. En effet, il ne symbolise pas la même chose en Norvège (la protection de la nature) ou en Irlande (couleur nationale)⁷⁴.

4. Un nombre d'éléments cartographiés trop important et souvent peu lisible

A. Un nombre de classes souvent trop important

Grâce à la carte, on passe d'une réalité exhaustive à une information simplifiée dans laquelle la perte d'informations est compensée par la mise en évidence de concepts plus facilement mémorisables. De surcroît, plus le message est simple, plus l'information est facile à mémoriser. Jacques Bertin précisait que

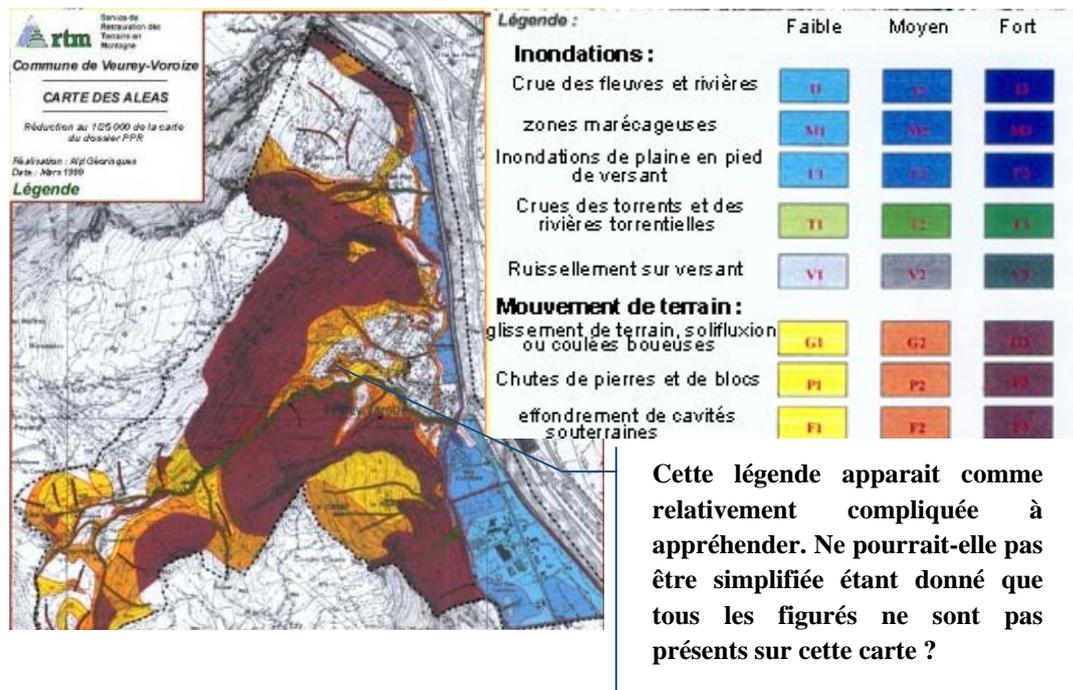
« L'efficacité du message sera d'autant plus grande que le nombre d'images et leur complexité seront réduites et que la lecture pourra être faite au niveau de l'ensemble »⁷⁵.

Le service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) a tenté de cartographier pas moins de huit aléas ayant chacun trois niveaux de risques. Cette légende à double entrée possède donc un nombre important de couleur et de nuances. Sa lecture est rendue difficile pour un œil non avisé l'obligeant à de nombreux « aller-retour » de l'œil entre carte et légende. Le RTM ayant conscience de ce problème a ajouté, à la couleur, une nomenclature pour préciser le type et l'intensité de l'aléa. Il est d'ailleurs possible de se questionner sur l'efficacité de cette dernière.

74 REKACEWICZ P., (2006), « La cartographie, entre science, art et manipulation », Le Monde Diplomatique, 15 pages.

75 BERTIN J., (1977), « La graphique et le traitement graphique de l'information », Collection Nouvelle, Flammarion, 277 pages.

Carte 14 :
Carte des aléas de la commune de Veurey-Voroize
 Source : www.irma-grenoble.com



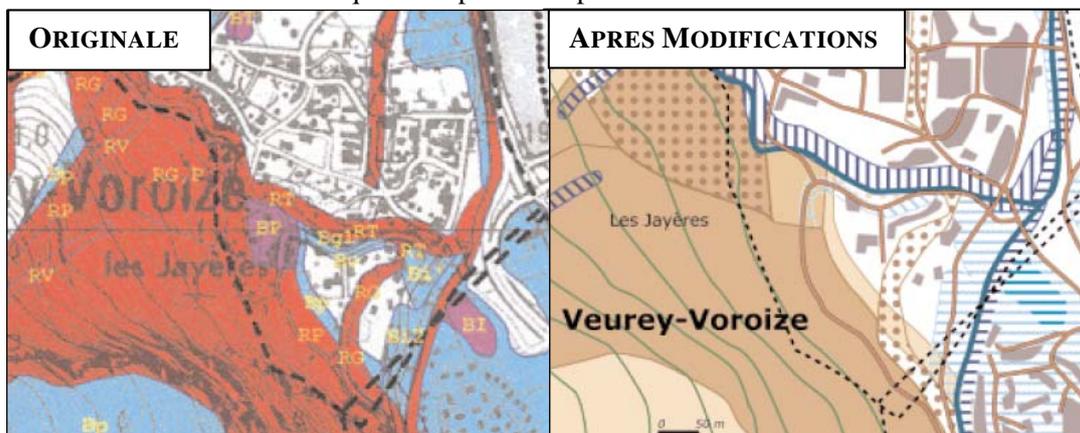
B. Les contrastes entre fond et éléments cartographiés

Élisabeth Chesneau a travaillé à l'amélioration automatique des contrastes colorés en cartographie en s'appuyant sur les cartes de risque⁷⁶. Elle est partie de l'hypothèse qu'une utilisation plus efficace de la couleur en améliorant notamment les contrastes pourrait rendre une carte plus lisible. Grâce à l'analyse de la carte multirisques de la commune de Veurey-Voroize, Élisabeth Chesneau considère que

« le fond de carte trop dense et la nomenclature réduisent fortement la lisibilité de la carte »⁷⁷.

Afin d'améliorer la carte Élisabeth Chesneau a proposé plusieurs modifications comme la réduction du nombre d'éléments de nomenclature. Le fond de carte a été grisé et l'ordination du niveau de risque est représentée par un camaïeu.

Carte 15 :
Extrait d'un PPR multirisque à Veurey-Voroize en Isère
Avant et après modifications
 Source : Chesneau E, 2006



Cependant, si les couleurs de la nouvelle légende, organisées selon leur ordre, sont toutes lisibles les mêmes couleurs dans la carte ne le sont pas forcément.

« Par exemple, le gris des bâtiments sur le bleu des aléas moyens se repère difficilement contrairement au même gris sur le fond blanc »⁷⁸.

76 CHESNEAU E., (2006), « Pour une amélioration automatique des contrastes colorés en cartographie : application aux cartes de risque », Résumé d'une thèse préparée à l'IGN et à l'Université de Marne-la-Vallée, 13 pages.

77 Ibid

78 CHESNEAU E., (2006), « Pour une amélioration automatique des contrastes colorés en cartographie : application aux cartes de risque », Résumé d'une thèse préparée à l'IGN et à l'Université de Marne-la-Vallée, 13 pages.

Il serait donc approprié de d'évaluer les contrastes autour de chaque signe cartographique de la carte en fonction de ses voisins. De plus, la perte d'information n'est pas sans conséquence sur le repérage des lecteurs. En effet, sur la carte modifiée ayant la même échelle graphique que l'originale, la distinction des bâtiments ne se fait plus, cela provient de la généralisation qui a été effectuée. Enfin, si les cartes de PPRi sont réalisées de manière automatique grâce aux logiciels SIG, Élisabeth Chesneau a été obligée de reprendre l'ensemble des éléments « à la main » afin de les modifier. Il est donc possible de s'interroger sur la possibilité de reproduire cette démarche pour les nombreuses cartes de risque.

5. L'échelle de la carte peu adaptée pour tirer une information précise

« Les objets et phénomènes spatiaux sont caractérisés par des propriétés spatiales »⁷⁹.

Les échelles de la carte et de la réalité sont dans le même rapport d'homothétie (rapport les distances mesurées sur la carte et les distances mesurées sur le terrain). Rappelons que le 1/100 000 est une échelle plus petite que le 1/1 000. La précision de la représentation géométrique des objets dépend donc aussi de l'échelle cartographique choisie.

A. Nécessiter de se repérer pour comprendre la carte

« La question de l'inscription territoriale du risque dans ses deux composantes (aléa et vulnérabilité) met l'accent sur la nécessité d'une analyse multiscalaire, mais l'échelle privilégiée reste l'échelle locale, en lien avec les impératifs des PPR »⁸⁰.

En effet, le gros avantage de la grande échelle est de permettre à l'utilisateur de la carte de se repérer dans l'espace (grâce à des points de repère du réel). Il peut ainsi déterminer avec précision si sa maison, ses lieux connus, peuvent être affecté par un aléa. Le concepteur de la carte peut (et doit) se servir de la « grande échelle » pour sensibiliser les populations.

« La réglementation, édictée par l'État, doit être appliquée à l'échelle locale »⁸¹

Celles-ci plus au fait des éventuels risques pouvant directement les affecter s'impliquent plus dans la gestion⁸².

« Cependant, l'échelle du bassin devra être prise en compte puisque toute décision en matière de gestion du risque d'inondation peut influencer le risque dans les régions situées le long de la rivière »⁸³.

De plus, l'utilisation des données géographiques à petite échelle permet au fabricant de la carte de ne pas engager sa responsabilité dans l'interprétation qui en découlerait.

79 CALOZ R., SCHNEUWLY D., (2008), « Perception de l'espace et modélisation », consultable sur le site : <http://www.gitta.info>, 17 pages.

80 KERGOMARD C., (2006), « Rapport UMS Riate : The spatial effects and management of natural and technological hazards in Europe », Espon/Orate 1.3.1., 15 pages

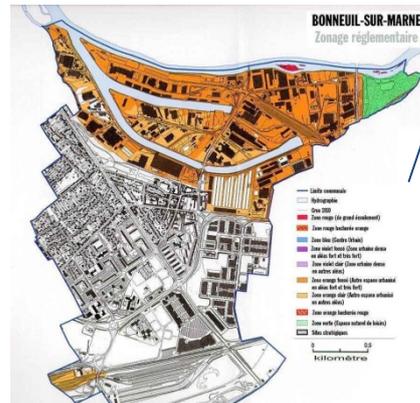
81 POTTIER N., VEYRET Y., MESCHINET N., HUBERT G., RELIANT C., DUBOIS J., « Évaluation de la politique publique de prévention des risques naturels », 13 pages.

82 EUROPEAN EXCHANGE CIRCLE ON FLOOD MAPPING, (2007), « Handbook on good practices for flood mapping in Europe », 198 pages.

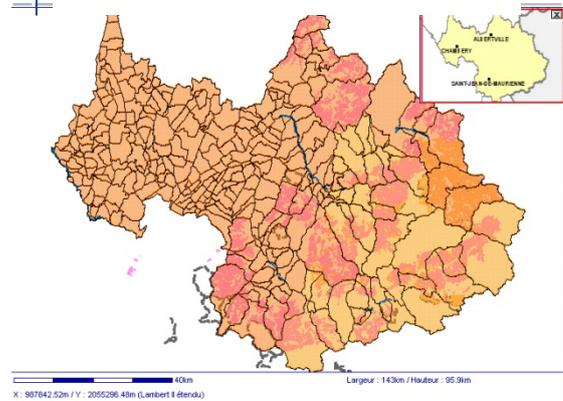
83 Appel à projets conjoints de recherche ERA-Net CRUE

Cartes 16 et 17 :
Risques dans le
département de la
Savoie et PPRi de la
commune de Bonneuil
sur Marne

Source : www.prim.net et
www.val-de-marne.pref-
gouv.fr



Sur la carte du département de la Savoie, il est possible de déterminer les risques présents sur les différents bassins versants. À l’opposé, sur le PPRi, les bâtiments sont individualisés

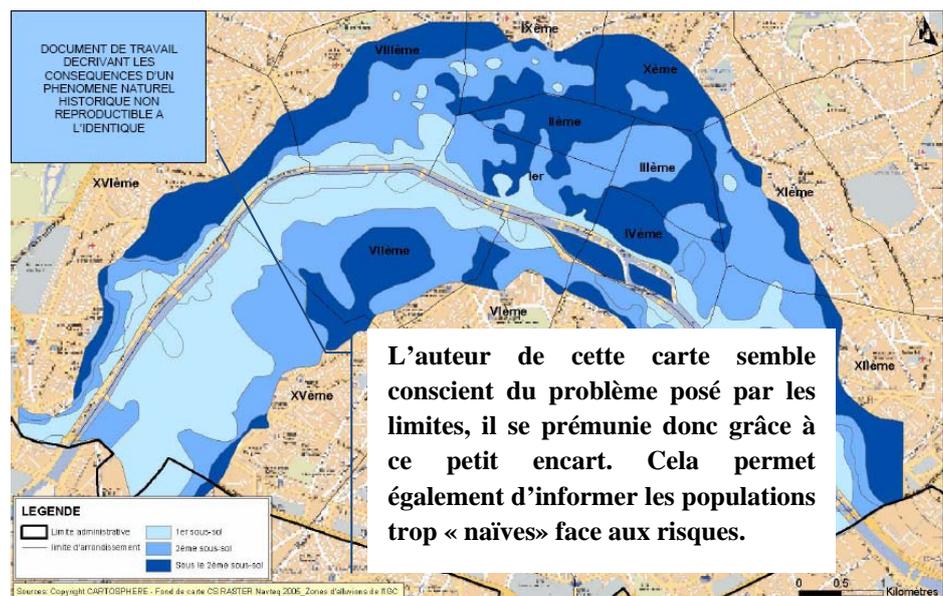


B. Problèmes de limites

En général, les cartes délimitent les zones par un trait franc, ce qui n’est pas sans poser des problèmes. En effet, un simple trait sur une carte n’est absolument pas représentatif de ce qui peut se dérouler sur le terrain.

Carte 18 :
Zone inondable de la
Seine dans les Hauts-de-
Seine

Source : Plan de Secours
Spécialisé Inondations Zonal
du bassin de Seine à Paris,
Préfecture de Police de Paris,
2006



De plus, cette limite est évolutive dans le temps. La mise en place de digues le long d’un cours d’eau permet de modifier la limite de la zone à risque. En passant de non constructible à constructible la zone concernée devient une manne financière non négligeable. Certains maires non scrupuleux ont profité de ce genre de fraude notamment en zone de montagne où la limite des PPR avalanches contournait certaines maisons. Ces zones nouvellement urbanisées ne sont pas pour autant plus protégées d’un aléa exceptionnel.

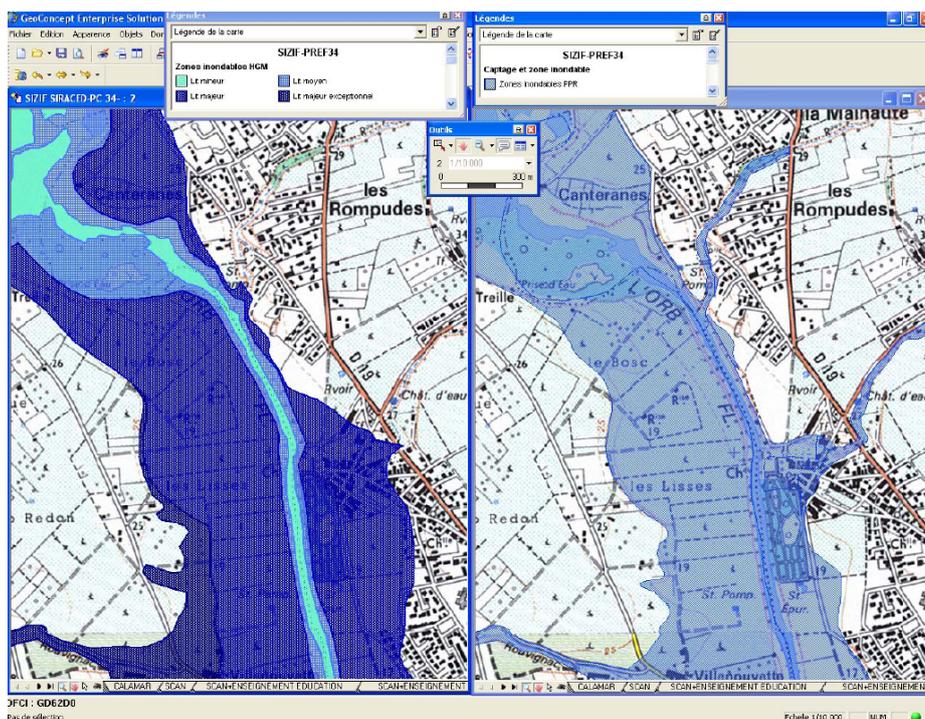
« Dans certains cas, le sinistré potentiel est bien informé de l’aléa par les notaires, la mairie ou les voisins mais il n’intériorise pas vraiment le risque qui le concerne. Il refuse et se rassure au nom des grands

aménagement effectués le long des cours d'eau : barrages, digues, etc.»⁸⁴

En effet, la digue participe à accélérer la vitesse du courant et donc son pouvoir érosif. La digue peut donc être sapée ce qui permettrait à l'eau d'atteindre avec violence les bâtiments situés derrière.

Cette remarque est d'autant plus vraie que les zones inondables issues des PPRi constituent une donnée géographique à manipuler avec précaution. Sur les deux cartes d'aléas ci-dessous, des différences notables apparaissent. Il est alors légitime de se demander laquelle de ces deux cartes est à prendre en compte pour gérer le risque en sachant que sur certains secteurs la population sera ou non concernée.

Document 11 :
Différences entre une
étude HGM et les zones
inondables PPR sur la
commune de Rompudes
Source : Moulin P., 2006



84 POTTIER N., VEYRET Y., MESCHINET N., HUBERT G., RELIANT C., DUBOIS J., « Évaluation de la politique publique de prévention des risques naturels », 13 pages.

Conclusion

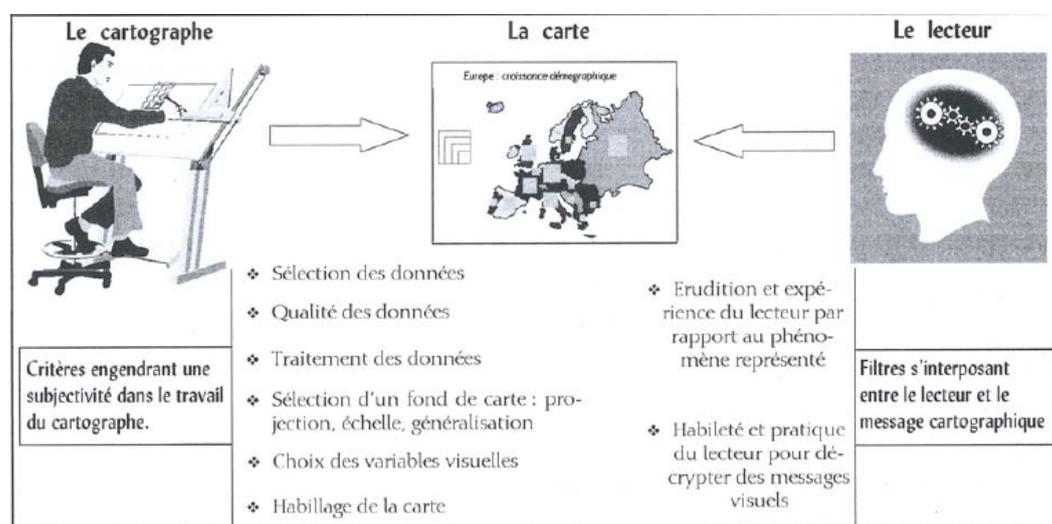
La production d'un document graphique repose sur les règles de Sémiologie Graphique et la communication a lieu depuis le spécialiste (le concepteur de la carte), vers le lecteur (élu, riverain, technicien, etc.).

« Ce type de communication ne permet pas de prendre en compte le lecteur lors de la conception et la réalisation du document graphique »⁸⁵

Comme le montre le document, ci-dessous, ce dernier réalise une carte avec comme contrainte un ensemble des critères subjectifs. Tout ceci engendre une déformation du phénomène réel qui peut perturber la « bonne » lecture du destinataire.

Du côté du lecteur, la subjectivité est également présente et donc il est probable que le lecteur ne soit pas en mesure de comprendre pleinement le document graphique. En effet, les filtres culturels sont importants et modifient considérablement la perception de la carte et donc par transposition le phénomène réel. Chaque individu en fonction de leur niveau de connaissance ne lit pas les documents graphiques de manière similaire.

Document 12 :
Le cartographe est un auteur qui propose un message au lecteur
 Source : Moulin P., 2006



Dans ce contexte, il apparaît prioritaire qu'une relation s'instaure entre le concepteur de la carte et le destinataire afin que l'un et l'autre aient la possibilité de comprendre quels éléments influencent la lecture de carte.

« Scruter l'univers cognitif d'un sujet (un client, un salarié, un dirigeant...) relativement à un objet relève d'un intérêt particulier pour l'expert qui, " muni du référentiel " du sujet, est mieux armé pour comprendre, expliquer, conseiller, anticiper voire agir »⁸⁶

85 BEGUIN M., PUMAIN D., (1994), « La représentation des données géographiques », Armand Colin, 192 pages.

86 VERSTRAETE T., « La cartographie cognitive : outil pour une démarche d'essence heuristique d'identification des Facteurs Clés de Succès », CLARÉE, URA CNRS 936 33 pages

PARTIE 3 : COMMENT ADAPTER LA CARTE A CHAQUE UTILISATEUR ? LA SEMIOLOGIE GRAPHIQUE EXPERIMENTALE

Introduction

Le document ci-dessous décrit les nombreuses étapes existantes permettant la prise de décision de la part d'un acteur. À l'initiative se trouve toujours un individu (the decision maker) qui en réalisant un diagnostic territorial (spatial decision problem) dégage des enjeux auxquels il doit répondre. L'évaluation des alternatives s'offrant à lui apparait alors comme primordiale. La cartographie (cartographic display) devient alors un outil essentiel permettant de représenter à l'aide de données (map data) le problème et les différentes solutions.

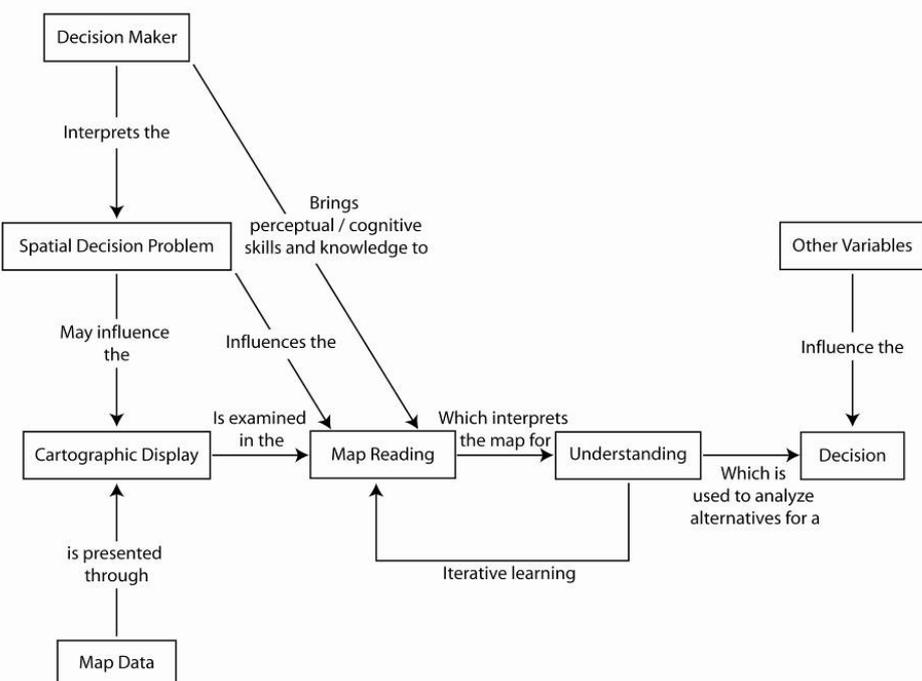
« La carte en tant que produit fini est le support d'analyse primordial de l'étude du phénomène »⁸⁷.

La lecture de cette carte (map reading) et surtout sa compréhension (understanding) amène l'individu à prendre une décision éclairée. Cependant,

« the relationships between the independent, intervening and dependent variables illustrate the importance of the decision maker and the cartographic display in the decision making process. [...]. Cartographic display may influence the decision »⁸⁸

Document 13 :
Processus théorique :
De la création de la
carte à la prise de
décision

Source : Mc Kendry, 2000



87 MOULIN P., (2006), « Pour une pertinence de l'information géographique dans la gestion de crise... », Mémoire de recherche, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, Institut d'Aménagement Régional, 120 pages.

88 MCKENDRY J. E., MACHLIS G. E., (2008), « Cartographic design and quality of climate change maps », Springer Science, 12 pages.

Les données géographiques représentent pour les acteurs de la gestion de crise un élément essentiel pour autant qu'ils les comprennent. Nous avons vu (cf la partie 2) qu'à l'heure actuelle les cartes étaient réalisées par des spécialistes sans prise en compte du destinataire. Or, les différences entre individus, tant sur le plan physiologique que psychologique, ne peuvent pas être écartées. Plusieurs auteurs se sont penchés sur les liens existants entre cartographie et compréhension de celle-ci (Leroi E., Cauvin C., Veyrey Y., Serrhini K., etc.) et ont conclu qu'il était nécessaire de prendre en compte le destinataire lors de la création de la carte.

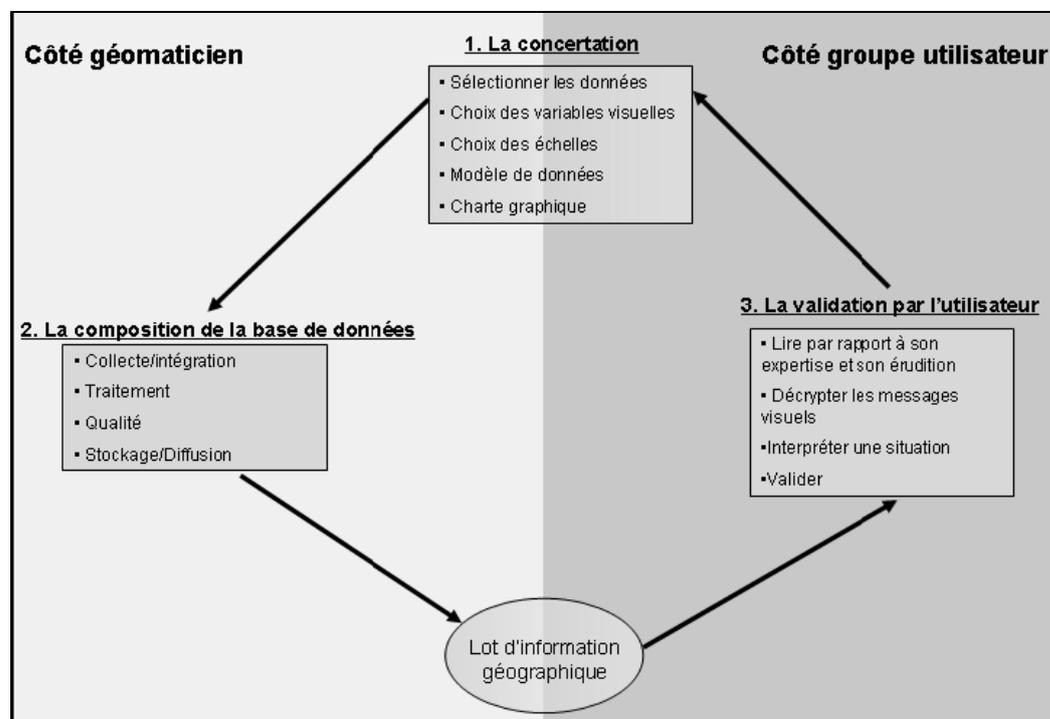
Chapitre 1 : La sémiologie graphique Expérimentale

1. Les concepts du langage graphique expérimentale

Actuellement le concept utilisé en matière de langage graphique est linéaire en page 25).

« Or, un autre type de relation peut aisément être envisagé : celui d'une relation circulaire, le processus de représentation n'étant pas sans effet sur le représenté »⁸⁹.

Document 14 :
Modèle de la
Sémiologie Graphique
Expérimentale
Source : Serrhini K.



Certaines études⁹⁰ ont montré l'insuffisance voire l'absence de la prise en compte de la perception des destinataires lors de la conception et de la réalisation des documents graphiques du risque d'inondation.

« Dans cette recherche l'idée a été de construire une sémiologie graphique à partir du récepteur et non uniquement de l'émetteur. C'est sur ce principe que repose la sémiologie graphique expérimentale (SGE) »⁹¹.

« Dans une telle perspective, la communication cartographique suivra le processus en boucle suivante : récepteur – émetteur – récepteur. Une

89 RODHAIN F.,

90 Notamment le programme « Risque Inondation –RIO » (K. Serrhini, 1999) et le colloque « Évaluation et Prise en compte du Risque » EPR (16-17 juin 2005).

91 SERRHINI K. (2000), « Évaluation spatiale de la covisibilité d'un aménagement. Sémiologie graphique expérimentale et modélisation quantitative », Thèse de doctorat, CESA, 481 pages.

telle démarche a pour but d'intégrer à la fois la perception et les préférences du lecteur dans la conception de documents cartographiques. »⁹²

Afin de prendre en compte la perception du destinataire, cette étude est basée sur l'enregistrement des mouvements oculaires déployés par des sujets face à des cartes de risques.

« Cette approche SGE est rendue possible grâce à un appareillage spécifique utilisé en ophtalmologie : le vidéo-oculographe »⁹³

2. Chapitre 2 : La technique de l'Eye Tracking (oculométrie)

A. Appareil : le vidéo-oculographe

« Qu'est ce que la technique de l'Eye Tracking ou oculométrie ? » et « comment fonctionnent les systèmes de suivi du regard ? » sont les deux questions auxquelles va tenter de répondre cette partie.

L'oculométrie « regroupe un ensemble de techniques permettant d'enregistrer les mouvements oculaires. Les oculomètres les plus courants analysent des images de l'œil capturées par une caméra, souvent en lumière infrarouge, pour calculer la direction du regard du sujet »⁹⁴. Grâce à cette technique on peut connaître l'intensité de l'attention qu'il porte sur telle ou telle partie de l'écran. Il s'agit donc de suivre les yeux de la personne testée et observer où son regard porte.

Les systèmes d'enregistrement du suivi du regard ont beaucoup évolué au cours des dernières années. Actuellement il n'existe pas moins de trois familles de méthodes :

- La méthode dite par « traitement d'image » : une caméra filme le visage de l'utilisateur et un logiciel spécialisé dans la reconnaissance visuelle se charge d'identifier la position de l'œil. Cette méthode présente l'avantage de ne nécessiter que le minimum d'équipement à savoir une caméra et un ordinateur suffisent. La limite de ce type d'appareillage est sa précision relativement médiocre, du fait d'une grande sensibilité aux perturbations.
- La méthode est basée sur l'utilisation de lentilles magnétiques portées par l'utilisateur. Chaque mouvement de l'œil entraîne alors des modifications du champ magnétique extérieur. Ces variations sont enregistrées par des capteurs disposés de part et d'autre des yeux et permettent donc de définir précisément la position et les mouvements. Cette méthode a pour avantage d'être extrêmement précise. Par contre, l'équipement requis est particulièrement coûteux.
- La méthode dite par « réflexion cornéenne » : on éclaire l'œil de la personne testée avec une source de lumière et on le filme le reflet de sa pupille avec une caméra. On observe alors deux grandes familles de reflets sur l'œil. Des reflets fixes dus à la réflexion de la lumière sur la cornée, et des reflets mobiles dus à la réflexion de la lumière sur la pupille. La position relative des deux familles de reflets donne l'information sur la position de l'œil. Cette méthode requiert un équipement moins conséquent que la méthode précédente et a comme avantage d'être à la fois précise et moins sensible aux perturbations extérieures.

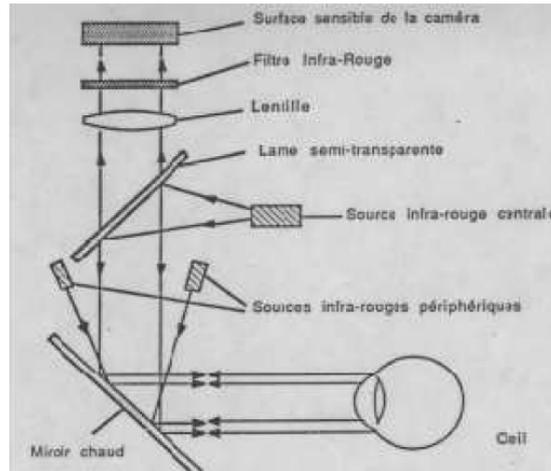
92 SERRHINI K. (2000), « Évaluation spatiale de la covisibilité d'un aménagement. Sémiologie graphique expérimentale et modélisation quantitative », Thèse de doctorat, CESA, 481 pages.

93 Ibid

94 Wikipedia

L'appareil que nous avons utilisé au sein du centre l'hospitalier Universitaire de Bretonneau de la ville de Tours est basé sur le principe de réflexion cornéenne. Cet appareil utilise le principe de Hirschberg (position du reflet cornéen par rapport au centre de la pupille)⁹⁵ et permet de mesurer la direction du regard indépendamment des mouvements de tête. Il s'agit d'un système d'utilisation simple et peu intrusif pour la personne testée. En effet, il n'y a aucun instrument porté directement par l'utilisateur mais ce dernier s'installe sur une mentonnière afin que la tête reste immobile pendant l'expérimentation. Le reflet de la pupille est détecté par une caméra et à partir des variations d'intensité de ce reflet, un logiciel d'analyse des signaux, intégrant un système de calibrage, fournit des informations spatio-temporelles sur les mouvements du regard.

Document 15 :
Montage du vidéo-oculographe et photo de celui de l'hôpital des Bretonneaux
Source : Buquet C. et source personnelle



La personne testée appuie son menton et son front de manière à maintenir la tête immobile. Seuls les yeux bougent lors de l'observation des cartes projetées sur l'écran d'ordinateur.

Un ordinateur permet, grâce à un logiciel de l'entreprise Metrovision, de sélectionner l'image à projeter et la durée de projection, et d'enregistrer les mouvements oculaires. Le petit écran au premier plan est utilisé pour le suivi du calibrage au cours de l'expérience : on y voit l'œil de la personne, dont la pupille doit rester au centre d'un quadrillage afin de rester dans le champ de la caméra.



⁹⁵ www.metrovision.fr ; consulté le 22 novembre 2008

La quantité d'information est réduite instantanément par l'ordinateur et ne retient que les pauses de l'œil (fixations) et les sauts d'une fixation à une autre (saccades).

- La fixation constitue un arrêt relatif du mouvement oculaire variant entre 150 et 600 ms avec une durée moyenne de 300 ms : il s'agit de la période d'extraction de l'information visuelle.
- La saccade représente un déplacement oculaire permettant le repositionnement de la fovéa en vue de l'extraction visuelle

B. Un procédé utilisé dans le domaine de la médecine puis récemment de la publicité.

L'oculométrie a été mise en place dans le domaine médical notamment pour l'étude du sommeil ou encore l'étude de la dyslexie. Cette technique est utilisée pour certaines recherches en psychologie, en psycholinguistique, en ergonomie. De manière plus récente la publicité s'y est intéressée afin de positionner leur produit dans le marché de manière efficace.

L'équipe d'un laboratoire spécialisé en eye-tracking, SR LABS⁹⁶, a introduit une série de tests qui, est en capacité de mesurer la capacité de vision et d'attention des personnes. Cette méthode a été utilisée dans une étude préliminaire sur un échantillon de sapeurs-pompiers et d'étudiants universitaires. L'enregistrement des mouvements oculaires permet en effet d'évaluer le fonctionnement du système visuel et perceptif, mais aussi l'efficacité et la qualité des processus d'attention et les fonctions d'exécution. Il est alors question de savoir quelle stratégie visuelle est utilisée dans l'exécution de tâches dites « réflexes ». Cette étude est particulièrement intéressante pour des profils professionnels « à haut risque » comme les sapeurs-pompiers car ceux-ci sont soumis à des opérations qui requièrent de hauts niveaux d'attention malgré une condition constante de danger. Les décisions doivent être rapides et précises avec une marge d'erreur est minime dans un contexte de stress élevé. Lors de cette étude plusieurs éléments sont testés :

- Le test anti-saccades permet de tester l'efficacité de certaines fonctions mentales, en particulier de la concentration et de l'inhibition de comportements automatisés. Un stimulus qui apparaît soudainement à la périphérie du champ visuel évoque un comportement réflexe (une réponse "irrésistible") qui conduit à déplacer le regard vers ce stimulus.
- Les tests dits «de Recherche Visuelle» évaluent la capacité à maintenir un bon niveau d'attention pendant un certain temps.
- Les tests permettant de détecter une prédisposition à d'éventuelles réactions de défense et de fuite devant les stimuli activateurs d'émotions ou, au contraire, de possibles tendances à la "recherche de sensations".

L'Eye Tracking est employé dans pratiquement toutes sortes de marketing : publicités télévisuelles, panneaux d'affichage, emballages produits (packaging), etc. pour déterminer ce qui fonctionne ou non avec les consommateurs. La publicité liée aux grands événements sportifs est une manne financière non négligeable. La lisibilité de ces dernières est donc un objectif stratégique pour les compagnies publicitaires.

« En 2006, 1 917 marques différentes ont été visibles à la télévision en tant que sponsors du sport en France »⁹⁷.

Document 16 :

La multiplication des enseignes empêche la lisibilité

Source : TNS Sports, Sport Data Center Havas Sports



96 www.srlabs.it/; consulté le 19 janvier 2009

97 TNS Sports, Sport Data Center Havas Sports

Les évènements sportifs génèrent aujourd'hui de grosses audiences atteignant jusqu'à 25 % des parts de marchés télévisuelles. Une bonne visibilité est souvent la première étape d'un sponsoring efficace mais la multiplication des enseignes encombre voire empêche la lisibilité de ces dernières. Le bureau d'études « Havas Média Sport » a réalisé une étude à l'aide de la technique de l'Eye Tracking.

Le protocole est établi à partir d'une vidéo de 10 minutes d'un match de rugby où figurent 37 sponsors situés à différents emplacements (sur le bord de touche, sur les maillots des joueurs, écrit sur la pelouse, etc.). À partir d'un échantillon de 30 personnes (jugé représentatif du profil des téléspectateurs du Top 14), l'analyse a porté sur le nombre de regards portés sur chaque publicité et sur la durée de chaque regard. De ce test, certains éléments ont pu être mis en évidence :

Nombre total de regards comptabilisés (30 participants)	2 282
Nombre de regards moyen par participant	76
Durée moyenne d'un regard (ms)	318
Part de la durée des regards sur les marques	3,8 % (24 sec sur 10 min)

La mémorisation des marques les plus regardées est meilleure. Les emplacements sur les maillots, la panneautique, la ligne de touche et le marquage pelouse central sont les dispositifs les plus regardés et les mieux mémorisés. Les marques visibles pendant les gros plans sont les plus regardées d'autant plus s'ils interviennent pendant les temps morts (Touches, pénalités et mêlées offrent le meilleur ratio «visible/vu»).



Assurer au moins un des emplacements suivants : maillot, panneautique, ligne de **touche ou marquage pelouse central**. C'est ce que fait CAPGEMINI sur le maillot de

Chercher à être sur des emplacements bien visibles pendant les temps morts et si possible en gros plan. CALYON situé sur le ballon en est un bon exemple



Document 17 :

Étude portant sur l'attention des téléspectateurs au cours d'un évènement sportif
Source : TNS Sports, Sport Data Center Havas Sports

Conclusion :

L'étude sur l'exploration visuelle est une technique très intéressante pour évaluer la qualité ergonomique d'un objet. C'est pourquoi l'utilisation dans les domaines de l'aménagement du territoire, des risques et de la cartographie ne semble pas abusive. En effet, l'étude des différentes stratégies visuelles utilisées lors de la lecture d'une carte peut nous aider à faire certains choix de conception (positionnement des éléments les uns par rapport aux autres, nombre d'éléments à positionner pour qu'ils soient perçus, etc.). Cependant, cette technique ne peut se suffire à elle-même et pour que les données soient valides, il est nécessaire d'y joindre une enquête cognitive.

Chapitre 2 : Mise en place du protocole expérimental

1. Les étapes nécessaires à l'expérimentation

A. Le choix des cartes (Un A3 est dépliant en annexe page 97)

Le nombre de cartes testées s'élève à 9. L'ensemble des cartes ne traite pas directement du risque d'inondation cependant, comme nous l'avons vu lors de la partie 2, l'élaboration d'un PPRi, se fait à partir de cartes aux thématiques variées notamment sur l'aléa et les enjeux. **Les cartes retenues l'ont été car ces dernières possèdent diverses variables visuelles intéressantes à étudier telles que la position du titre et de la légende, la composition de la légende, la nature de l'arrière-plan, la complexité générale de la carte, etc.**

Document 18 :
Tableau de synthèse des
différents éléments à tester
pour les 9 cartes
Source : PFE 2008/2009

N° de carte	Nom de la carte Et source	Échelle	Position du titre	Position de la légende	Complexité de la légende	Variables visuelles utilisées	Nature de l'arrière-plan
S1C1	Une nouvelle image de l'espace français métropolitain	Territoire français	En bas	À gauche	44 figurés répartis en 1 colonne	Données qualitatives : 44 aplats avec variation de couleurs de même intensité	Limites des départements français
S1C2	Le patrimoine naturel en France	Territoire Français Échelle graphique	En haut à gauche	À gauche	8 figurés répartis en 1 colonne ----- Rédigée en 2 langues (français, anglais)	Données quantitatives : 2 aplats (verts) avec variation d'intensité ----- Données qualitatives : 1 aplat de couleur (vert) 1 aplat de texture (hachure verte) 3 figurés ponctuels avec variation de forme et de couleur 1 aplat de texture (bleu)	Limites des départements français
S1C3	Les orientations du programme "Université du troisième millénaire"	Territoire Français Échelle graphique	En haut	En bas	11 figurés répartis en 3 colonnes ----- Rédigée en 2 langues (français, anglais)	Données quantitatives : 1 figuré ponctuel (rouge) avec variation de la taille proportionnelle 2 figurés ponctuels (rouge) avec variation de l'intensité 2 figurés linéaires (rouge) avec variation de la texture ----- Données qualitatives : 5 figurés ponctuels (triangle) avec variation de couleur	Limites des régions françaises
S2C1	Domages susceptibles de se produire en cas de crues extrêmes ou de défaillance des digues de protection	Absente (1/25000)	En haut	1 colonne à gauche et 1 colonne à droite	9 figurés répartis en 2 colonnes ----- Beaucoup de textes explicatifs ----- Même figuré de couleur pour plusieurs informations ----- Certains figurés n'apparaissent pas sur la carte	Données qualitatives : 8 aplats avec variation de couleur de même intensité ----- Données quantitatives : 1 figuré ponctuel (rond) avec variation de la taille non proportionnelle	IGN Top 25 (noir et blanc)

S2C2	Plan d'exposition au bruit (PEB)	1/25000	En haut à droite	En haut à droite	4 figurés en ligne ----- Les intensités des couleurs varient entre la légende et la carte	Données qualitatives : 4 aplats avec variation de couleur de même intensité	IGN Top 25 (couleurs)
S2C3	Plan de prévention des risques d'inondation de bassin de l'Allaine	1/5000	En haut à droite	En bas à droite	11 figurés répartis dans un tableau à double entrées ----- Même figuré de couleur pour plusieurs informations ----- Certains figurés sur la carte ne sont pas répertoriés en légende	Données qualitatives : 1 aplat de couleur (rose) avec variation de l'intensité en ligne et en colonne (équivalent 9 figurés) 1 figuré ponctuel 1 figuré linéaire	Cadastre
S3C1	Les établissements industriels présentant des risques technologiques majeurs et leurs périmètres d'isolement dans un tissu urbain dense	1/75000	En bas et en haut à droite	À droite	26 figurés répartis en 5 colonnes ----- Même couleur utilisée pour plusieurs informations	Données qualitatives : 8 aplats avec variation de couleur de même intensité (couleurs vives) 6 aplats avec variation de couleurs de même intensité (couleurs pastels) 7 aplats (hachure) avec variation de texture et de couleur (couleurs vives) ----- Données quantitatives : 4 figurés linéaires avec variation de texture 1 figuré ponctuel	Limites des communes et du département
S3C2		Territoire intercommunal	En bas	En bas	15 figurés répartis en 3 colonnes ----- Même figuré de couleur pour plusieurs informations	Données quantitatives : 6 aplats bicolores avec une variation de l'intensité 3 aplats (bleu) avec variation de l'intensité ----- Données qualitatives : 3 aplats de couleur avec variation de l'intensité 2 aplats de couleur 1 figuré linéaire	Limites communales
S3C3	le risque d'inondation et infrastructures sensibles sur la commune de Compiègne	Territoire communal	En haut	À droite	8 figurés en 1 colonne	Données quantitatives : 2 aplats de couleur (bleu) avec variation de l'intensité ----- Données qualitatives : 5 figurés ponctuels avec variation de forme et de couleur 1 aplat de texture	Limites de la commune

B. Réalisation du questionnaire

L'activité « cognitive » des sujets a été évaluée grâce à un questionnaire semi-directif, structuré en 5 parties :

- Tout d'abord, l'état civil (partie I) de la personne est demandé : son sexe, sa tranche d'âge, sa formation, son activité professionnelle.

- Ensuite, les questions de la partie II visent à cerner l'utilisation des cartes au sein de l'activité professionnelle des personnes. Nous détaillerons plus tard ces questions, dont les réponses ont été utilisées pour ébaucher (et pour la première fois) une typologie des personnes testées par une démarche de discrétisation basée sur la moyenne et l'écart-type
- Nous avons par ailleurs choisi d'orienter notre enquête vers les **besoins** des utilisateurs des cartes liées au risque d'inondation. Pour cela, nous avons inséré 2 questions :
 - La première est posée avant l'expérimentation à proprement parler, juste après la partie « état civil ». Elle a pour but de cerner ce qu'évoquent les cartes de risques d'inondation, a priori, pour les personnes testées.
 - Afin de voir si ces évocations correspondent aux besoins réels de ces personnes, une deuxième question leur est posée, cette fois-ci en fin d'exposition des cartes. Cette question demande au sujet, par l'intermédiaire d'un QCM de choisir 5 des propositions et/ou d'en ajouter s'il pense qu'un élément de réponse est non suggéré.
- La partie III est constituée de la notation de chaque carte et se déroule en alternance avec l'observation des cartes. La personne doit juger les cartes en attribuant une note comprise entre 1 et 5 concernant la complexité de la carte, sa densité en information, son côté innovant, son esthétique, ou encore son utilité politique.
- Enfin, la dernière partie (partie IV) repose sur la comparaison de certaines cartes entre elles, pour faire ressortir ce qui est apprécié, ou au contraire critiqué (mécompréhension, trop ou pas assez d'information, etc.) sur ces cartes.

C. Le choix de l'échantillonnage

Nous avons travaillé sur un échantillon de 25 personnes, parmi lesquelles nous avons sélectionné des personnes « témoins » n'ayant aucun rapport aux cartes pour leurs activités professionnelles, des universitaires, spécialisés en cartographie ou non et des techniciens tous concernés directement ou indirectement par le risque d'inondation dans le cadre de leurs activités professionnelles.

Afin de déterminer notre typologie des personnes testées, nous avons utilisé leurs réponses concernant les questions II.1, II.2, et II.3, c'est-à-dire celles traitant de l'utilisation des cartes au sein de leur activité professionnelle. Nous avons pour cela mis en place un système de notation, suivi d'une démarche de discrétisation pour ventiler les candidats dans telle ou telle classe ;

Ainsi, pour la question II.1. (À quelle fréquence utilisez-vous des cartes dans votre activité professionnelle ?), les points sont attribués de la façon suivante :

- 1 point pour la réponse « moins d'une fois par an »
- 2 points pour « une fois par an »
- 3 pour « une fois par mois »
- 4 pour « une fois par semaine »
- 5 pour « plus d'une fois par semaine »

De même, pour la question II.2 (Les cartes que vous utilisez dans votre profession sont :

- 1 point pour la réponse « seulement issues de sources externes »
- 2 pour « généralement réalisées par des unités externes »
- 3 pour « généralement réalisées par votre équipe ou service »
- 4 pour « généralement réalisées par vous »

Enfin, nous avons synthétisé les réponses à la question II.3. (Dans votre profession, les cartes sont principalement). Dans la colonne « type d'utilisation », 1 correspond donc à

la réponse « une illustration », 2 à « un outil de recherche », et 3 à « un outil pour la décision ». Certaines personnes ont répondu qu'elle n'avait recours qu'à un type d'utilisation, alors que d'autres ont tout coché. La colonne nombre de types d'utilisation cumule le nombre de ces réponses.

Il est toutefois à noter que les trois questions ne sont pas notées sur la même échelle. Il n'était donc pas possible de croiser ces variables par simple addition ou soustraction.

Document 19 :
Tableau de synthèse
des résultats aux
questions II.1, II.2 et
II.3
Source : PFE 2008/2009

Nom	Origine des cartes	Fréquence d'utilisation	Types d'utilisations	Nombre de types d'utilisations
Bois	0	0	0	0
Burel	0	0	0	0
Bernard	0	0	0	0
Marquelet	0	0	0	0
Huet	0	0	0	0
Lepère	2	2	1,3	2
Mioland	1	3	1	1
Robin	2	2	1,2	2
Le Hapler	2	3	2	1
Faure	1	5	1,3	2
Laclergue	1	5	1,2, 3	3
Munier	3	3	3	1
Baptiste	2	5	3	1
Bouchad	2	5	3	1
Cavelier	2	5	1	1
Chaumet	2	5	3	1
Petit	3	4	2,3	2
Cappelle	3	5	1,3	2
Poisson	3	5	1,2, 3	3
Toulat	3	5	1	1
Buguellou	4	5	1,2, 3	3
Guimas	4	5	1,2	2
Salaun	4	5	1,2, 3	3
Trouvé	4	5	1,3	2
Voyer	4	5	1	1

Nous avons ensuite, pour les réponses à chaque question, calculé la moyenne et l'écart type de la série. Les résultats, formant trois catégories pour chaque question, sont présentés sur le schéma ci-dessus.

Nous pouvons voir que certaines personnes ont des réponses qui les placent dans des classes différentes pour chaque réponse (en gris sur le schéma). Nous nous sommes donc permis de « réajuster » leur placement en fonction de ce que nous connaissons d'elles (formation demandée dans le questionnaire, profession exercée, etc.). Ainsi, sur les 25 personnes testées, seules 6 personnes ne sont pas majoritairement situées dans une unique catégorie par notre méthode de discrétisation.

Les trois types de catégories de personnes sont donc :

- **Catégorie 1 : « Témoins »**

Il s'agit là de personnes n'ayant pas ou presque pas recours aux cartes pour leur activité professionnelle. On trouve par exemple parmi ces « témoins », des personnes du service orthoptie, qui n'utilisent jamais de cartes, sauf occasionnellement hors cadre professionnel. Certaines personnes, comme la bibliothécaire ou la secrétaire d'un service des stages sont quant à elle occasionnellement confrontées à des cartes diverses au sein de leurs fonctions. Ces personnes ont un nombre moyen de types d'utilisations de 0,7.

- **Catégorie 2 : « Utilisateurs réguliers »**

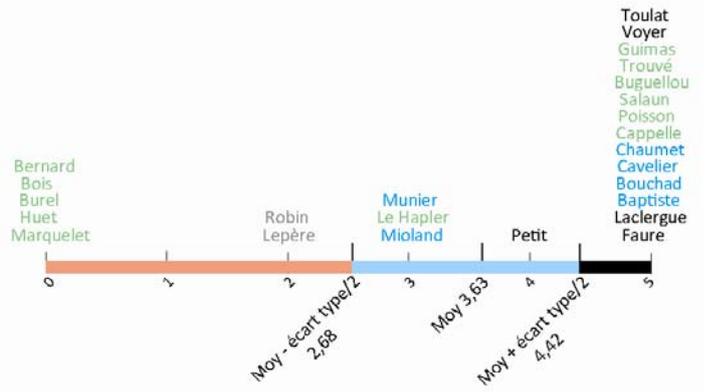
Il s'agit là de personnes ayant une utilisation régulière des cartes dans leur activité professionnelle, mais qui ne sont généralement que les destinataires de ces cartes. Ils les utilisent comme outils, mais ne les conçoivent pas. Le total de point de cette catégorie varie entre 6 et 7. On trouve des personnes formées aux cartes, mais dont la cartographie n'est pas la spécialité. Leur nombre moyen de types d'utilisations est de 1,5, ce qui est bien supérieur à la catégorie précédente.

- **Catégorie 3 : « Concepteurs »**

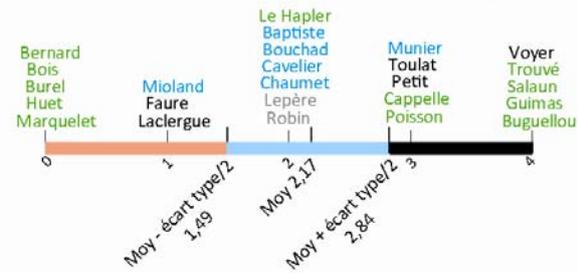
Il s'agit là de personnes pour lesquelles les cartes sont un outil de travail fondamental, souvent produit en interne. On les considère, qu'ils fassent réaliser la carte dans leurs services ou qu'ils la conçoivent eux-mêmes, comme des concepteurs ayant des habitudes d'utilisation des cartes différentes de ceux des « utilisateurs ». Le total de points de cette catégorie est supérieur à 7. Il s'agit de personnes pour qui les cartes sont à la fois un outil de connaissance et de recherche, ainsi qu'un outil d'aide à la décision. Leur nombre moyen de types d'utilisations est de 2,1, ce qui illustre bien un recours très fréquent aux cartes.



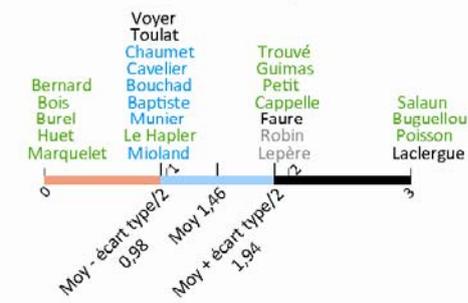
Discrétisation selon la fréquence d'utilisation des cartes durant leur travail



Discrétisation selon l'origine des cartes (Réalisez-vous ou non les cartes que vous utilisez?)

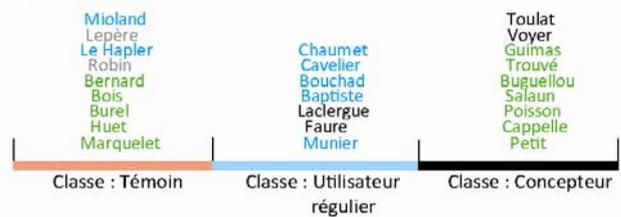


Discrétisation selon le nombre de types d'utilisations (Illustration, outil de recherche ou de décision)



Résultat :

Répartition en trois classes de notre échantillon de personnes testées au cours de cette expérience vidéo-oculographe



Document 20 :
 Méthode utilisée pour créer les trois groupes de personnes
 Source : PFE 2008/2009

D. Les contraintes et la nécessité d'effectuer un pré test

À la suite de la définition du protocole expérimental, nous avons réalisé une première série d'enregistrements (Personnes 1 à 4). Ces enregistrements ne sont pas pris en compte lors de l'analyse finale car l'ensemble des personnes testées avait préalablement connaissance des cartes soumises au test. Ce pré-test a servi à vérifier que le protocole fonctionnait correctement et à anticiper au maximum les différents problèmes pouvant survenir. En effet, certaines contraintes peuvent être repérées :

- Certaines personnes ne peuvent pas faire l'objet de cette expérimentation pour des raisons physiologiques. Ils présentent une réaction individuelle différenciée à la lumière trop importante pour l'expérimentation (la pupille est trop petite ou trop large pour permettre d'établir un tracé correct, etc.)
- Les personnes possédant des lunettes ou des lentilles de contact sont également à éviter car cela peut induire des difficultés de suivi de l'œil.
- Des problèmes peuvent survenir durant l'expérimentation notamment par le fait que l'œil de la personne testée peut s'assécher. Il faut alors arrêter les démarches et demander au candidat de cligner des yeux.

2. Les enregistrements au sein du service ophtalmologique de l'hôpital

Les enregistrements ont été effectués de manière individuelle en présence de membre des étudiants réalisant cette étude ainsi que madame Serrhini, responsable de l'appareil vidéo-oculographe. Chaque test dure en moyenne une trentaine de minutes et est régi par une série de procédures.

L'utilisation du système de poursuite de mouvements oculaires peut être divisée en cinq étapes : l'installation du sujet, l'ajustement, la calibration et l'enregistrement des données

A. La phase d'installation du sujet

Dès l'arrivée de la personne testée, une présentation de l'étude est réalisée et les grands objectifs de l'étude sont énoncés. Il est également évoqué le protocole expérimental en rappelant que cette étude est indolore car l'appareil ne touche pas les yeux. Aucune consigne particulière ne lui est dispensée. Les candidats remplissent la première partie du questionnaire comportant des questions d'ordre général (âge, profession, etc.) ainsi qu'une question ouverte sur l'attente qu'ils ont des cartes de risques. Ensuite, le sujet se place en position assise devant la caméra et en face de l'écran où vont défiler les cartes à étudier.

B. La phase d'ajustement

L'ajustement consiste à paramétrer les différents éléments du système afin de détecter la pupille de la personne testée. La reconnaissance se fait uniquement sur un œil souvent celui de la « main qui écrit ». Il faut également ouvrir un fichier au nom de la personne testée afin d'enregistrer les résultats.

C. Le calibrage

Le calibrage est effectué une seule fois (en théorie) avant tout enregistrement sur les cartes. Il consiste à demander à l'utilisateur de fixer successivement 5 points apparaissant à l'écran. Au départ ce point est situé au centre de l'écran puis celui-ci se déplace dans les angles de manière à assurer une parfaite correspondance entre les positions enregistrées par le vidéo-oculographe et les positions réelles des informations sur l'écran.

À la fin de l'enregistrement, il arrive parfois qu'il y est des erreurs de superposition du tracé par rapport à l'image, il est alors possible de recalibrer les deux afin de limiter les erreurs d'interprétation durant l'analyse sectorielle.

D. L'enregistrement oculométrique et réponses au questionnaire

Le visionnage des cartes dure **15 secondes**, le regard de la personne parcourt alors la carte et l'ensemble des mouvements est enregistré. Entre chaque carte, le candidat répond à une série de cinq questions pourtant directement sur la carte qu'il vient de regarder. Ces questions permettent de prendre en compte l'aspect « mémorisation des informations » de ces cartes.

À la fin du test, le sujet doit répondre à la troisième partie du questionnaire, consistant à comparer les cartes entre elles et à justifier laquelle il préfère. Après les avoir vus à l'aide du vidéo-oculographe, la personne testée doit tenter de se souvenir des cartes étant donné que dans le questionnaire elles sont incluses sous forme de petites images ne permettant pas de s'attarder sur les détails.

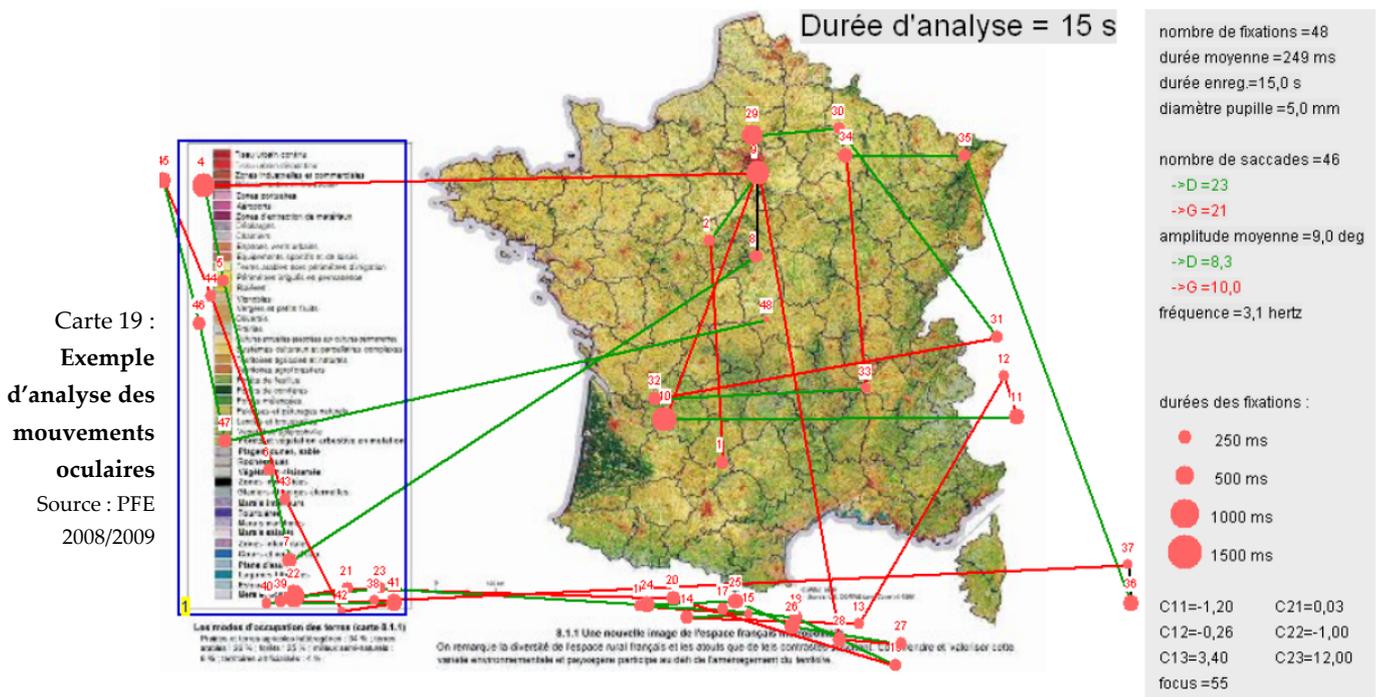
De manière à inclure la personne testée un peu plus dans l'étude, nous lui présentons les premiers résultats issus de sa propre participation. Il peut ainsi voir un temps réel le déplacement de son œil sur une des cartes.

E. L'extraction des données

Grâce au logiciel Métrovision, il est possible d'extraire 3 types de renseignements :

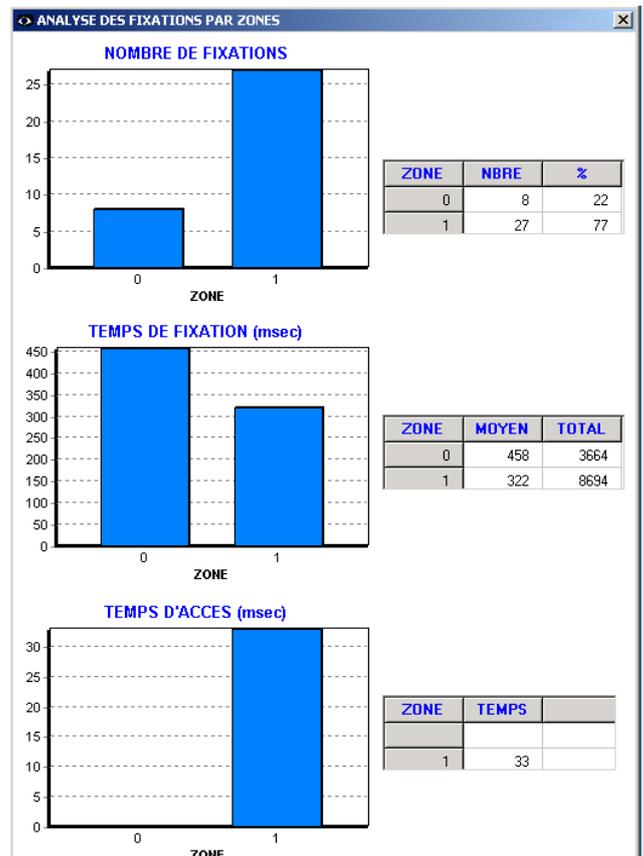
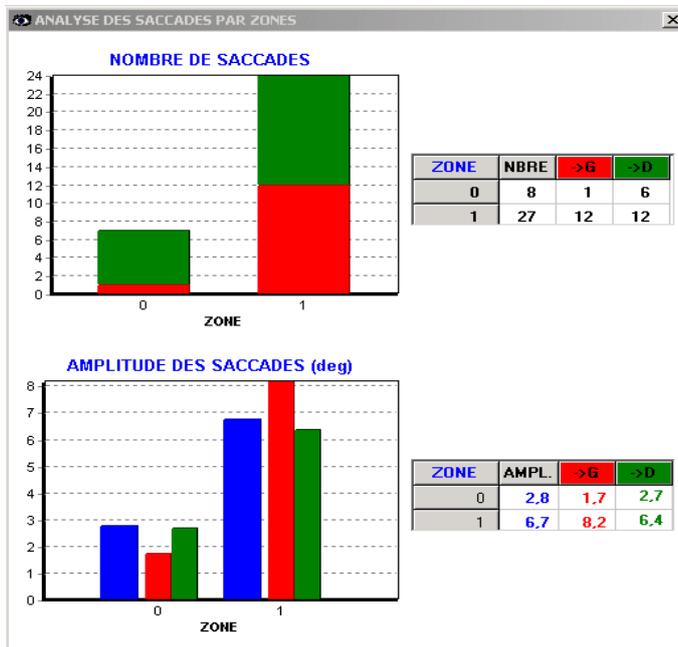
- Données et analyses spatiales des mouvements oculaires : quels sont les éléments qui attirent le plus le regard ? : ce parcours est obtenu par une analyse de l'enregistrement de mouvements qui extrait les saccades et les fixations. Sur ce document les fixations apparaissent sous la forme de ronds rouges donc la taille est en fonction de la durée de la fixation. Les saccades orientées dans le sens de la lecture (occidentale) en verts alors que celles en sens contraire sont en rouge.

Les données statistiques extraites de l'analyse spatiale comprennent également un enregistrement du nombre total de fixations, de la durée moyenne de chaque fixation, du nombre total de saccades et de leur orientation, de l'amplitude moyenne des saccades et de leur fréquence (nombre de saccades par seconde)



- Données et analyses par zones d'intérêt : ces analyses sont réalisées lorsqu'un découpage par zones d'intérêt a été préalablement défini. Le logiciel produit les mêmes statistiques que pour l'analyse précédente mais en distinguant les résultats par zone.

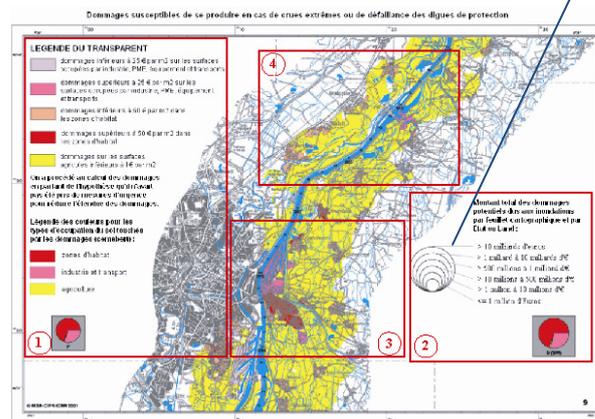
Document 21 :
Exemple d'analyse des mouvements
oculaires par zones d'intérêt
Source : PFE 2008/2009



La création des zones d'intérêt sur chaque carte :

Avant l'enregistrement, il nous a été nécessaire de définir des zones d'intérêt pour chaque carte. Ces zones ont été créées de manière à tester les éléments mis en relief par l'étude des cartes (colonnes « Complexité de la légende » et « Variables visuelles utilisées »). Le logiciel Métrovision permet de créer autant de zones que l'on veut. Seule la taille est réglable contrairement à la forme qui est automatiquement un rectangle. Cette forme ne permet pas d'appliquer la zone d'intérêt avec précision (par exemple : une rivière cartographiée en diagonale sur l'image)

Carte 20 :
Création des zones
d'intérêt pour la carte 4
Source : réalisation
personnelle

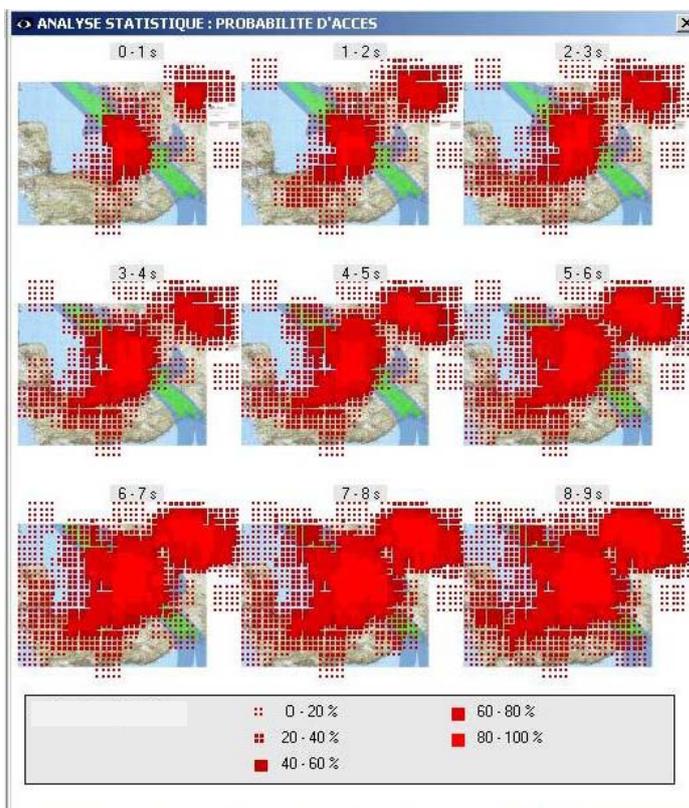


Sur cette carte, il est intéressant d'étudier la position des légendes (1 et 2). De plus nous avons fixé deux zones globalement similaires en termes de contenu d'informations (3 et 4) pour regarder l'influence du positionnement des éléments les uns par rapport aux autres. La zone 3 est probablement plus regardée car située entre les 2 légendes (La délimitation des zones pour les 8 autres cartes se trouve en annexe)

Données et analyses dynamiques des mouvements oculaires : quelles sont les stratégies visuelles des sujets ? : Cette analyse prend en compte automatiquement tous les résultats de la base de données (projet d'étude sur la cartographie des risques d'inondation) Elle permet d'étudier le temps d'accès moyen aux différents éléments de l'image, la probabilité d'accès à ces mêmes

éléments. Le temps d'accès moyen indique les secteurs de l'image qui ont été vus en 1, 2, 3 jusqu'à 9 secondes (progressivement l'ensemble de la carte devrait être couverte par la vision des personnes testées). L'analyse de probabilités d'accès indique le pourcentage de sujets du groupe ayant regardé un élément de l'image à 1, 2, 3, etc. secondes.

Document 22 :
Exemple d'analyse
dynamique des
mouvements oculaires
Source : PFE 2008/2009



Conclusion

À la suite de ces enregistrements et réponses aux questionnaires, il nous sera obligatoire de réaliser une étude statistique permettant notamment de déterminer :

- Quels sont les éléments d'une carte qui attirent l'attention ? Quels sont les composants de la carte les plus attractifs visuellement et ceux qui passe complètement à côté de la vision ?
- Quels éléments sont regardés en premier (si l'on exclut le fait que la position fixe de la tête du candidat l'oblige à fixer leur regard au centre de la carte)
- Quels sont les éléments de la carte qui mobilisent le plus de mouvements oculaires

En croisant « respect des règles de sémiologie graphique » et les résultats de cette étude il devrait être possible de déterminer une série de recommandations à mettre en place pour effectuer des cartes lisibles pour l'ensemble des trois catégories mentionnées plus haut.

PARTIE 4 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Introduction

Nous avons vu précédemment que notre échantillon est composé de 25 personnes réparties en un bon équilibre de 14 femmes et 11 hommes. Le niveau d'étude des personnes de l'échantillon est relativement élevé. 80 % de l'échantillon a déclaré avoir un niveau supérieur au bac+2 dont 60 % en aménagements du territoire. Parmi eux, quatre personnes possèdent ou sont en cours de validation d'un diplôme de docteur (bac+8) en aménagement ou dans des domaines s'y approchant. De manière générale, hormis les personnes travaillant dans le domaine médical, ces personnes ont dans leur formation ou dans leur exercice professionnel un contact direct avec les cartes. La répartition des classes d'âge est également « relativement homogène » avec 40 % de personnes ayant entre 20 et 30 ans, 24 % entre 30 et 40, 36 % entre 40 et 50 ans.

En revanche, en ce qui concerne la répartition des professions l'équilibre n'est pas optimal avec 36 % d'universitaires et 40 % de fonctionnaires mais uniquement 4 % de personne travaillant dans le privé. Notons également les 20 % de profession médicale, nous servant ici de personnes « témoins ». Sur les 25 personnes seules deux ont des responsabilités municipales. La catégorie « Elu » possède donc une part relativement faible du fait de leur manque de disponibilité mais également car ils ont préféré que nous mette en relation avec leurs techniciens. Cependant, la diversité qui anime l'ensemble de cet échantillon permet de penser que chaque « groupe » va posséder leurs attentes propres concernant les cartes de risque.

Chapitre 1 : Des besoins différents en fonction du type de destinataires

1. Exploitation de l'enquête cognitive

Grâce à l'enquête cognitive réalisée durant le test du vidéo-oculographe, il est possible d'estimer ce que chaque groupe pense des cartes qui leur ont été soumises. D'après les réponses au questionnaire (partie 3) il est possible de mettre en place une technique de notation des cartes. Les différents critères notés de 1 à 5 portent sur (la même échelle est utilisée) :

- La complexité de la carte
- La densité d'information
- L'innovation (correspond à l'originalité de la carte)
- L'esthétique
- L'intérêt décisionnel

Légende du tableau ci-dessous

	Note la plus faible de la carte
	Note la plus haute de la carte
89	Note la plus haute pour l'ensemble des cartes sur ce critère

Signification des notes pour chaque critère :

Chaque note est la somme des notes individuelles collectées par l'enquête cognitive.

- Le critère « complexité » : Les cartes ayant des notes faibles correspondent à « relativement difficile à lire et à comprendre ». Une note forte correspond donc à une carte facile d'accès pour l'ensemble de notre échantillon.
- Le critère « densité » : Une note faible montre que les gens n'ont pas apprécié la densité de la carte, la jugeant excessivement chargée. Une note faible est donc représentative d'une carte possédant un grand nombre d'informations, c'est-à-dire une densité importante. Le critère densité est dans ce contexte vu comme un élément limitant la compréhension facile de la carte. Une note forte signifie un nombre limité (mais suffisant) d'informations présent sur la carte.
- Le critère « innovation » : Plus la note est haute, plus la carte est jugée innovante (que l'on n'a pas l'habitude de voir).
- Le critère « esthétique » : Bien que plus subjectif, plus la note est haute, plus les personnes constituant l'échantillon ont apprécié la carte.
- Le critère « intérêt décisionnel » : Fonctionne comme les deux critères précédents.

Document 23 :
Tableau de synthèse des
réponses de la partie 3 du
questionnaire

Source : PFE 2008/2009

	complexité	densité	innovation	esthétique	intérêt	Total
1— Une nouvelle image de l'espace français métropolitain	66	38	47	68	66	285
2— Le patrimoine naturel en France	79	60	44	62	71	316
3— Les orientations du programme « universités du 3e millénaire »	53	45	60	63	68	289
4— Dommages susceptibles de se produire en cas de crue extrême ou de défaillance des digues de protection	57	44	63	71	91	326
5— Plan d'exposition au bruit	85	82	62	75	76	380
6— Plan de préventions des risques d'inondation du bassin de l'Allaine	73	74	58	62	89	356
7— Les établissements industriels présentant des risques technologiques majeurs et leur périmètre d'isolement dans un tissu urbain dense	65	50	62	65	79	321
8— Spatialisation du risque : conjonction aléas/vulnérabilité	70	62	70	77	82	361
9— Le risque d'inondation et infrastructures sensibles sur la commune de Compiègne	89	69	64	76	88	386
Total de points par critère	637	524	530	619	710	
Moyennes	70,8	58,2	58,9	68,8	78,9	335,6

Document 24 :
Coefficients de corrélation
entre les différents critères

Source : PFE 2008/2009

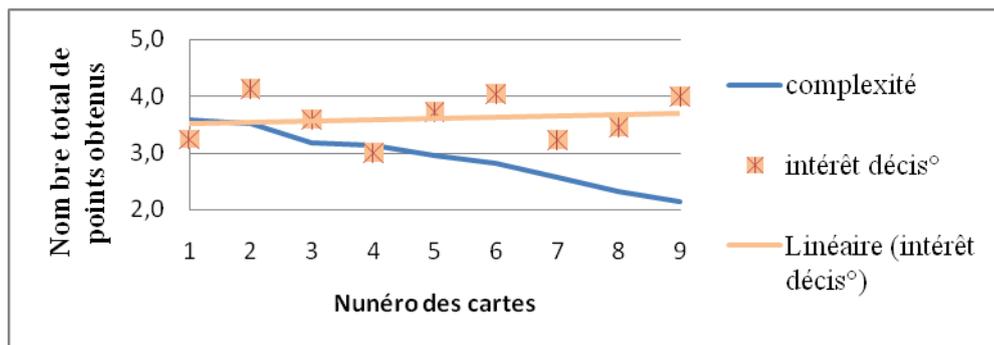
Coefficient de corrélation	Complexité	Densité d'info	Innovation	Esthétique	Intérêt
Complexité		0,80	-0,04	0,4	0,19
Densité d'info	0,80		0,27	0,31	0,37
Innovation	-0,04	0,27		0,62	0,6
Esthétique	0,40	0,31	0,62		0,34
Intérêt	0,19	0,37	0,6	0,34	

Le tableau de synthèse ci-dessus permet de se rendre compte de plusieurs éléments :

- Nous pouvons noter que l'ensemble de l'échantillon de personnes a le plus fortement noté le critère de « l'intérêt décisionnel » : moyenne égale à 78,9.
- L'innovation de la carte n'apparaît pas comme l'un des critères primordiaux, étant donné son total de points très faible : avant dernière moyenne, égale à 58,9.
- Le critère « densité » apparaît comme l'élément le plus durement jugé par l'échantillon, avec une moyenne de 58,2.
- Il semblerait qu'au vu du coefficient de variation faible (0,19), il n'y ait pas de co-variation entre l'intérêt décisionnel et la complexité. Une carte complexe ne sera donc pas forcément la plus intéressante, comme l'illustre la carte 3 qui est

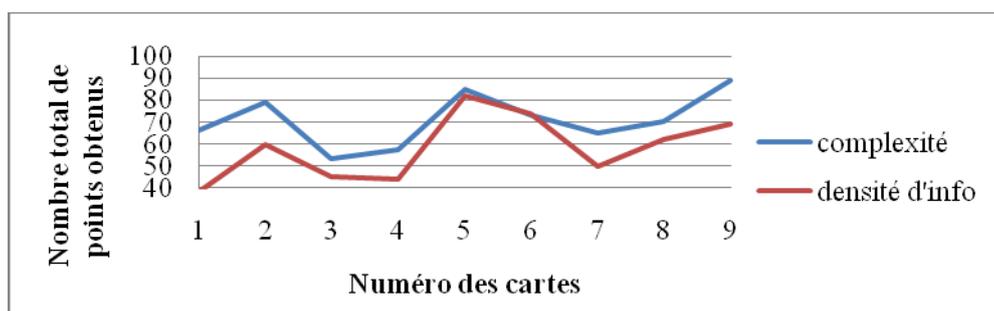
complexe (note basse égale à 53) sans pour autant présenter un fort intérêt politique (note basse égale à 68).

Document 25 :
Lien existant entre complexité
et intérêt décisionnel de la
carte
Source : PFE 2008/2009



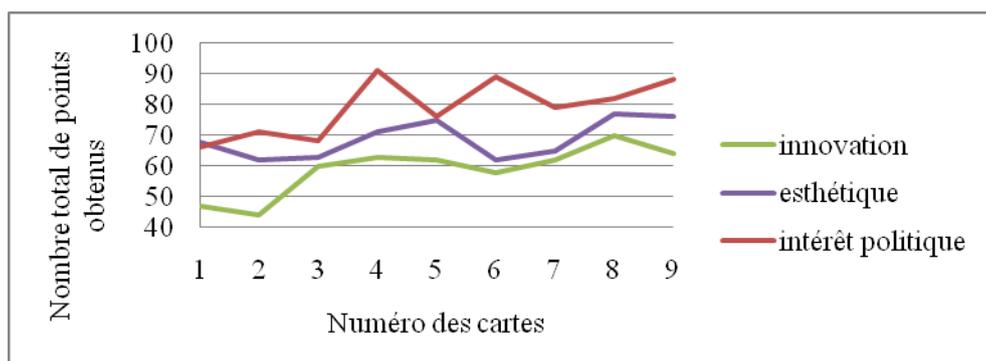
- La co-variation entre *intérêt décisionnel* et *densité de l'information* est faible également, avec un coefficient de 0,37.
- En revanche, pour notre échantillon, on constate une bonne co-variation entre *complexité* et *densité de l'information*, avec un coefficient de corrélation de 0,80. Plus la carte est dense (courbe rouge), plus la carte est donc difficile à lire (courbe bleue). Cependant, « complexité » et « densité » ne sont pas assimilables car d'autres critères interviennent pour définir le premier des termes.

Document 26 :
Corrélation entre densité
d'informations et complexité
de la carte
Source : PFE 2008/2009



- La carte 8 est considérée comme la plus esthétique et la plus innovante, notamment de par le fait qu'elle croise l'aléa aux vulnérabilités avec un nombre de figurés relativement peu important. Ceci participe grandement au fait que l'ensemble des personnes testées classe cette carte comme l'une des « meilleures » de notre panel. Ces deux critères qui sont relativement bien corrélés, avec un coefficient de corrélation égal à 0,62. De même, si l'innovation semble contribuer à l'esthétique, elle contribue également en partie à l'intérêt politique, avec un coefficient de corrélation égal à 0,60.

Document 27 :
Corrélation entre innovation,
esthétique la carte et intérêt
politique.
Source : PFE 2008/2009

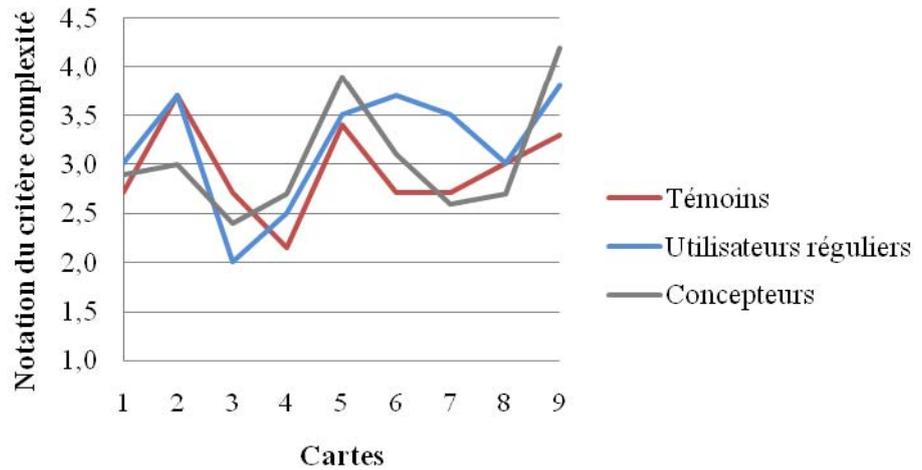


Il est maintenant possible de s'intéresser aux réponses de manière à faire ressortir les besoins et attentes de chaque **groupe** de personnes en termes de cartographie :

Document 28 :
**Tableau de synthèse des
réponses de la partie 3 du
questionnaire (détail en
fonction du type de
destinataires)**
Source : PFE 2008/2009

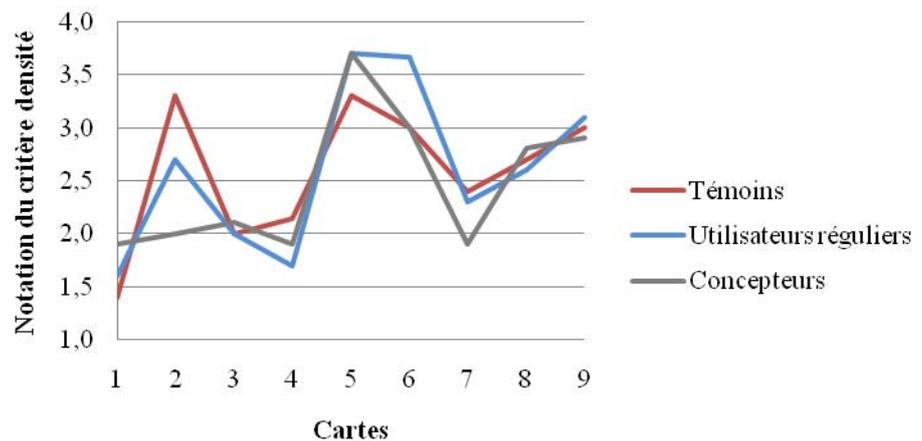
		Complexité	Densité d'info.	Innovation	Esthétique	Intérêt
carte 1	Témoin	2,7	1,4	2,3	2,7	3,5
	Utilisateur	3,0	1,6	1,9	3,1	2,0
	Concepteur	2,9	1,9	2,2	3,0	3,4
	Moyenne	2,9	1,6	2,1	3,0	3,0
carte 2	Témoin	3,7	3,3	2,5	2,6	3,3
	Utilisateur	3,7	2,7	1,6	2,9	2,9
	Concepteur	3,0	2,0	2,0	2,7	3,4
	Moyenne	3,5	2,7	2,0	2,7	3,2
carte 3	Témoin	2,7	2,0	3,0	3,4	4,0
	Utilisateur	2,0	2,0	2,5	2,5	2,7
	Concepteur	2,4	2,1	3,0	2,7	3,1
	Moyenne	2,4	2,0	2,8	2,9	3,3
carte 4	Témoin	2,1	2,1	3,3	3,1	4,7
	Utilisateur	2,5	1,7	2,4	2,7	3,9
	Concepteur	2,7	1,9	2,9	3,3	4,0
	Moyenne	2,4	1,9	2,9	3,1	4,2
carte 5	Témoin	3,4	3,3	3,0	3,1	4,2
	Utilisateur	3,5	3,7	2,4	3,0	2,9
	Concepteur	3,9	3,7	3,0	3,6	3,4
	Moyenne	3,6	3,6	2,8	3,2	3,5
carte 6	Témoin	2,7	3,0	2,3	2,7	4,0
	Utilisateur	3,7	3,7	2,6	2,7	4,1
	Concepteur	3,1	3,0	2,9	2,7	4,0
	Moyenne	3,2	3,2	2,6	2,7	4,0
carte 7	Témoin	2,7	2,4	3,2	3,0	4,0
	Utilisateur	3,5	2,3	2,7	2,6	3,6
	Concepteur	2,6	1,9	2,7	2,9	3,3
	Moyenne	2,9	2,2	2,9	2,8	3,6
carte 8	Témoin	3,0	2,7	3,2	3,9	4,0
	Utilisateur	3,0	2,6	2,6	2,9	3,6
	Concepteur	2,7	2,8	3,7	3,3	3,7
	Moyenne	2,9	2,7	3,2	3,3	3,7
carte 9	Témoin	3,3	3,0	2,7	3,6	4,3
	Utilisateur	3,8	3,1	3,3	3,4	3,9
	Concepteur	4,2	2,9	2,8	3,0	3,9
	Moyenne	3,8	3,0	2,9	3,3	4,0

Document 29 :
Notation du critère complexité
par carte
Source : PFE 2008/2009



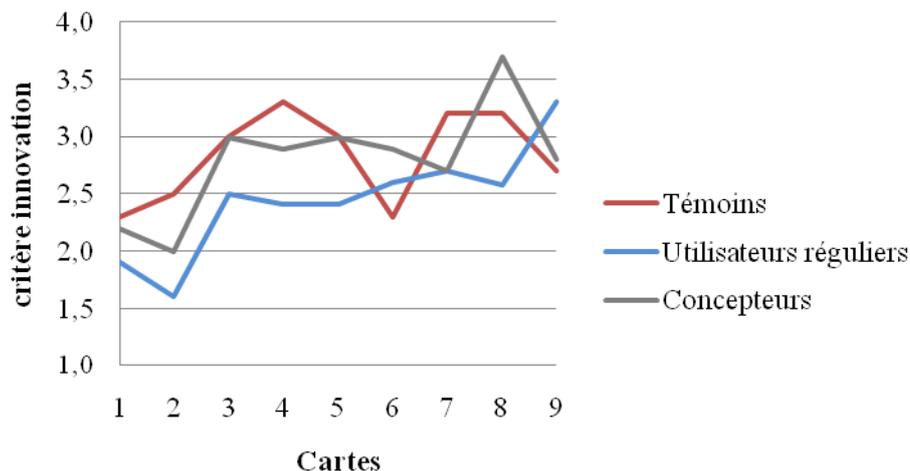
Critère *complexité* : le groupe « Témoin » a eu, comparativement aux autres groupes, du mal à lire les cartes 1, 3, 6, 7 (notes les plus faibles pour les témoins et pour le critère complexité) et surtout la carte 4 (note : 2,1). Pour ces 5 cartes, dont les notes sont inférieures ou égales 2,7 (alors que les autres sont supérieures ou égales à 3), les difficultés de lectures sont certainement à mettre en lien avec un manque d’habitudes de lecture des cartes. Les cartes 5 et 9 sont celles les mieux notées par les concepteurs pour la complexité. Les « Utilisateurs » ont quant à eux éprouvé des difficultés avec les cartes 3 et 4 mais apprécient les cartes 2, 5, 6, 7 et 9, dont les notes sont supérieures à 3,5.

Document 30 :
Notation du critère densité
par carte
Source : PFE 2008/2009



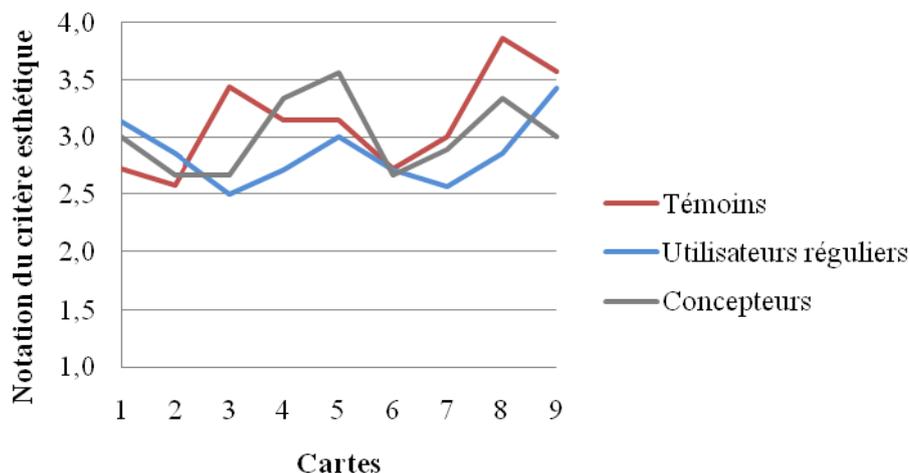
En matière de *densité*, on retrouve des traits communs pour l’ensemble des groupes. En effet, la carte 1 apparaît pour les trois groupes comme étant la plus dense en informations (44 aplats de couleurs), la carte 5 est au contraire considérée comme la moins dense (4 aplats). Les « Témoins » trouvent également que la carte 2 est relativement peu dense. La carte 6 ressort également comme peu dense pour le groupe « Utilisateur ». À l’inverse, les cartes 4 et 7 apparaissent comme denses pour les « Concepteurs », qui considèrent avec une certaine importance l’intérêt de ces deux cartes. Ceci signifie que pour les personnes les plus habituées aux cartes, la complexité n’est pas associée à la densité d’informations.

Document 31 :
**Notation du critère innovation
 par carte**
 Source : PFE 2008/2009



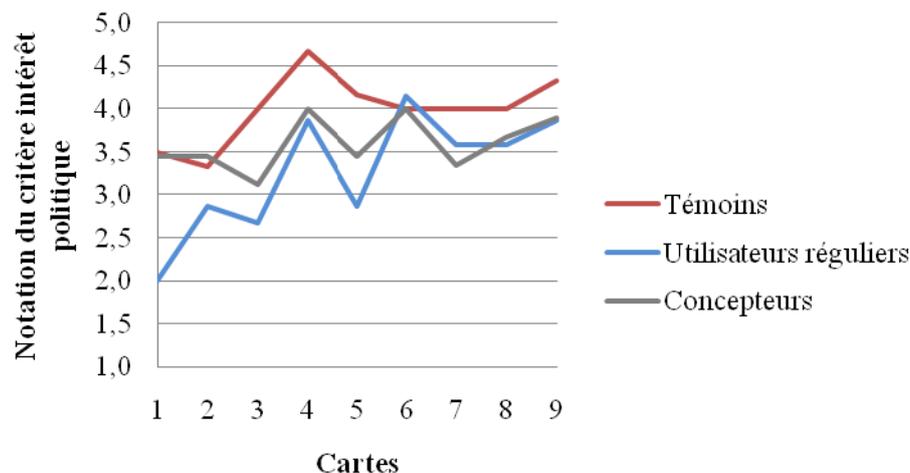
En termes *d'innovation*, la carte 2 convient le moins à deux groupes sur trois (Utilisateur et Concepteur). Les « Témoins » quant à eux font ce constat sur les cartes 1 et 6, alors qu'ils apprécient la carte 4. Les cartes 8 et 9 sont considérées respectivement par les « concepteurs » et les « utilisateurs » comme étant les plus innovantes.

Document 32 :
**Notation du critère esthétique
 par carte**
 Source : PFE 2008/2009



En ce qui concerne le critère *esthétique*, les utilisateurs globalement moins étaient satisfaits. La carte 9 se dégage des autres (hormis pour les concepteurs) en possédant des notes plus hautes.

Document 33 :
**Notation du critère intérêt
 politique par carte**
 Source : PFE 2008/2009



En termes *d'intérêt décisionnel*, les cartes à l'échelle du territoire français sont en net désavantage (utilisateur : carte 1, témoin : carte 2 et concepteur : carte 3). Enfin, les cartes 4 et 6 apparaissent pour deux classes sur trois comme étant les plus intéressantes d'un point de vue politique.

Ainsi, il apparaît que chaque catégorie de public n'a pas les mêmes attentes en matière de cartographie :

Document 34 :
Tableau de synthèse :
préférence des cartes en
fonction du type de
destinataires
 Source : PFE 2008/2009

	Complexité	Densité d'information	Innovation	Esthétique	Intérêt
Témoins	carte 2	carte 2 et carte 5	carte 4	carte 8	carte 4
Utilisateurs	carte 9	carte 5 et carte 6	carte 9	carte 9	carte 6
Concepteurs	carte 9	carte 5	carte 8	carte 5	carte 4 et carte 6

Nous avons tenté de synthétiser les appréciations de chaque groupe lorsque l'on prend en compte l'ensemble des critères. Pour cela, nous avons utilisé les notes évoquées précédemment : le tableau ci-dessous cumule les notes par carte et par groupe, tous critères confondus. Plus la note est haute, plus la carte a été globalement appréciée par les sujets du groupe.

Document 35 :
Tableau de synthèse :
des notes par groupe et par
carte, tous critères confondus
 Source : PFE 2008/2009

Témoins		Utilisateurs		Concepteurs	
Carte	Total	Carte	Total	Carte	Total
1	66	3	70	2	118
2	78	1	81	7	119
7	78	4	93	3	120
3	79	2	96	1	121
6	80	8	101	4	133
4	82	7	102	6	141
8	83	5	110	8	150
9	87	6	118	9	151
5	90	9	124	5	158

De ce tableau découlent les classements suivants.

Document 36 :
Tableau de synthèse :
Classement des cartes par
groupes, d'après le cumul
précédent
 Source : PFE 2008/2009

Rang	Témoins	Utilisateurs	Concepteurs
1	Carte 5	Carte 9	Carte 5
2	Carte 9	Carte 6	Carte 9
3	Carte 8	Carte 5	Carte 8
4	Carte 4	Carte 7	Carte 6
5	Carte 6	Carte 8	Carte 4
6	Carte 3	Carte 2	Carte 1
7	Carte 7	Carte 4	Carte 3
8	Carte 2	Carte 1	Carte 7
9	Carte 1	Carte 3	Carte 2

Enfin, ce dernier tableau reprend les rangs de chaque carte, obtenus pour les trois classements. Plus le cumul des classements est faible, mieux la carte est classée, c'est-à-dire globalement appréciée par tous les groupes. La colonne de droite illustre l'écart entre les cumuls de classement.

Document 37 :
Tableau de synthèse :
Classement des cartes tous groupes et tous critères confondus
 Source : PFE 2008/2009

Cartes	Cumul des classements	Écart entre les cumuls
9	5	
5	5	0
8	11	6
6	11	0
4	16	5
7	19	3
3	22	3
1	23	1
2	23	0

On peut lire sur ce tableau, synthétisant les résultats de l'enquête cognitive, que trois groupes de cartes se dégagent.

- Les cartes 5 et 9 (cumul égal à 5)
- Les cartes 6 et 8 (cumuls égaux à 11)
- Les cartes 1, 2, 3, 4, et 7 (cumul compris entre 16 et 23)

Les parties suivantes vont tenter de comprendre ces résultats de l'enquête cognitive, de cerner à l'aide d'éléments quantifiables l'appréciation qualitative des sujets testés.

2. Analyse statistique des mouvements oculaires

Dans cette partie, nous étudierons le parcours visuel des sujets à partir de quatre indicateurs chiffrés. D'une part, nous prendrons en compte le nombre de fixations et la durée de ces fixations. Nous verrons que ces deux indicateurs sont fortement corrélés. Nous étudierons ensuite le nombre de saccades, qui correspond à la fréquence avec laquelle le regard passe d'une zone d'intérêt de la carte à une autre et

« témoignent donc des déplacements attentionnels et des stratégies d'inspection de la carte lors de sa lecture. »⁹⁸

Dans toute cette partie, nous nous inspirerons des conclusions d'Aude Bignard⁹⁹, qui a elle-même beaucoup travaillé à partir des œuvres de Golberg et Kotval, ainsi que des auteurs du rapport *Applying eye-movement tracking for the study of map perception and map design*. Le tableau ci-dessous tente de synthétiser les traductions qui peuvent être faites à partir des résultats obtenus pour les quatre séries de données évoquées précédemment.

98 BIGNARD A., (2008), « Cartographie du risque d'inondation : perception et aide à la décision en aménagement », mémoire du Projet de Fin d'Études, sous la direction de K. Serhini, Département Génie de l'Aménagement, École Polytech'Tours, 139 pages.

99 Ibid

Phénomène observé	Signification générale		Traduction pour chacun des groupes
Nombre de fixations	Lié au degré d'efforts visuels et cognitifs. Met en exergue les obstacles en termes de représentations symboliques et de disposition. Augmente avec l'intensité de l'exploration visuelle.	Témoins	Elevé : difficultés de compréhension
		Utilisateurs	Idem
		Concepteurs	Elevé : approfondissement de la lecture
Durée des fixations	Correspond à la durée que le sujet a consacrée pour visualiser les différentes zones de l'image, donc à ce qui a le plus retenu l'attention. Permet de comparer la complexité des cartes visionnées. Une fixation longue peut signifier : Processus cognitif long pour interpréter l'information Manque d'objet significatif à observer Difficulté de l'œil à comprendre l'information	Témoins	Élevée : difficultés de compréhension
		Utilisateurs	Idem
		Concepteurs	Approfondissement dans la compréhension de l'information fixée.
Nombre de saccades	Indique le nombre de mouvements oculaires effectués pour passer d'une zone d'attention à une autre. Beaucoup de saccades indiquent un faible degré d'efficacité de la recherche et de la disposition.	Témoins	Élevé : faible degré d'efficacité de lecture, donc une mauvaise organisation
		Utilisateurs	Idem
		Concepteurs	Idem
Amplitude des saccades	Traduit la distance angulaire entre les zones fixées. Une valeur élevée peut indiquer trop de complexité dans la recherche, ou une dispersion de l'information.	Témoins	Élevée : faible degré d'efficacité de lecture, donc une mauvaise organisation
		Utilisateurs	Idem
		Concepteurs	Idem

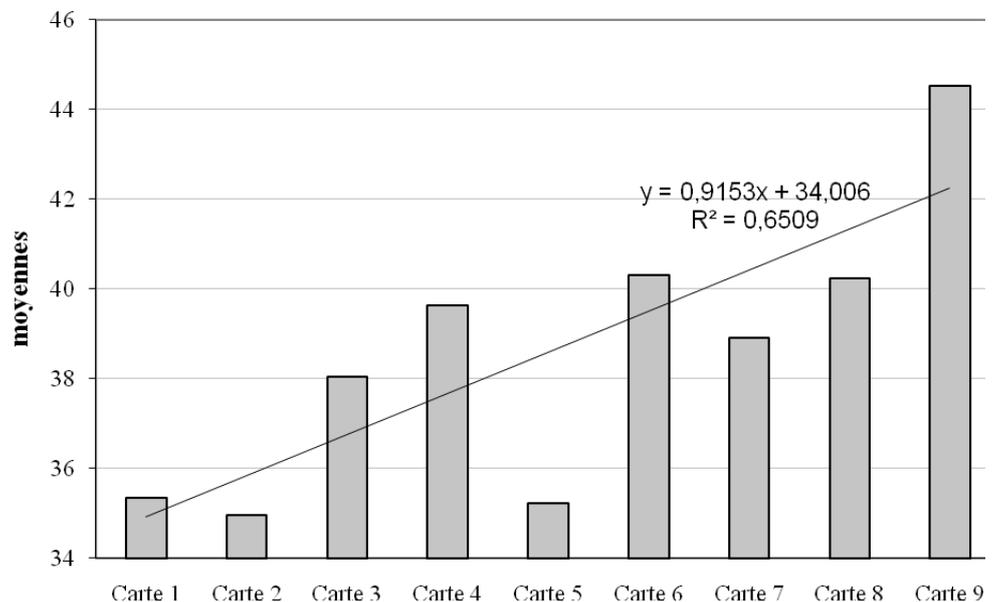
Document 38 :

Tableau de synthèse :
Signification des quatre
indicateurs de en fonction du
type de destinataires

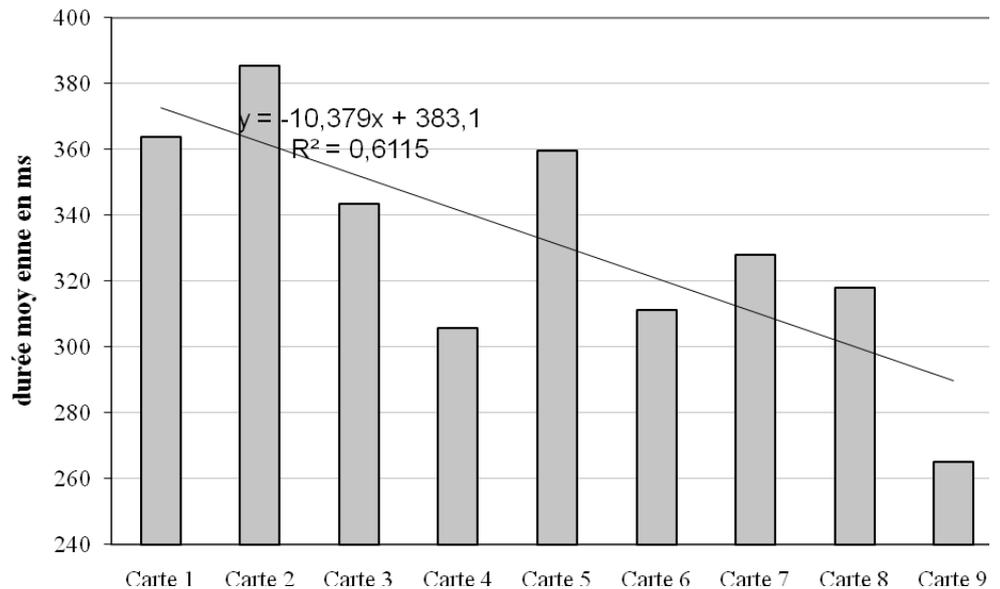
Source : Bignard A, 2008

Document 39 :
Nombre moyen de fixations
par cartes

Source : PFE 2008/2009



Document 40 :
**Durée moyenne de fixation par
 carte**
 Source : PFE 2008/2009



On constate que plus le nombre de fixations est élevé, plus leurs durées sont courtes. Ceci semble s'expliquer logiquement, puisque le temps d'enregistrement reste fixe (si l'on regarde beaucoup de points différents, chaque temps d'observation sera court, alors qu'on pourra s'attarder plus longtemps si l'on observe moins de points).

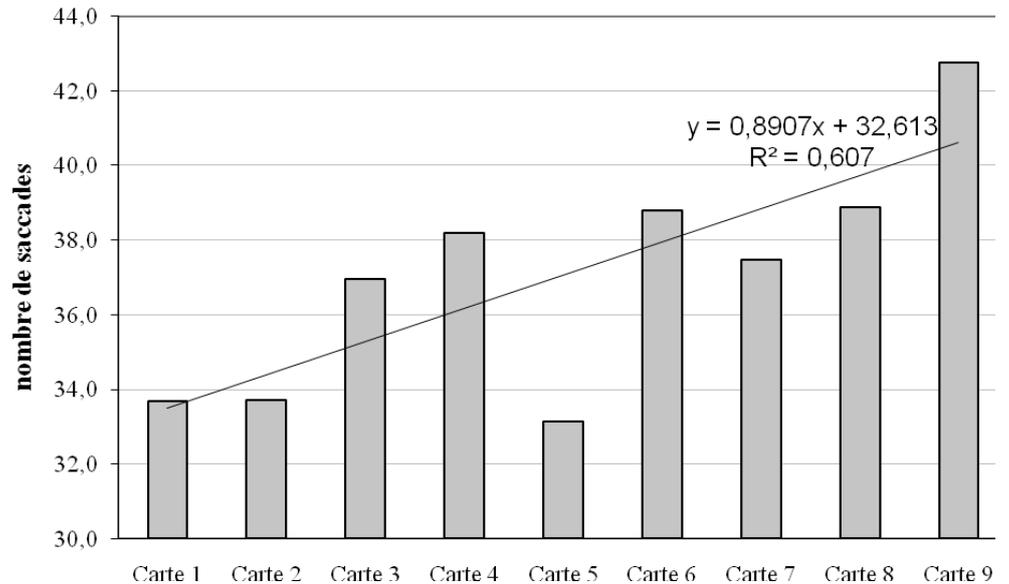
On peut, après analyse de ces deux graphes, distinguer 3 groupes de cartes :

Cartes 1, 2, et 5 : Ces cartes présentent un très faible nombre de fixations, tandis que la durée de ces fixations est longue. Dans le cas des cartes 1 et 2, la légende est longue à lire et écrite en petit. On peut donc supposer que les personnes ont des difficultés à la décrypter, ce qui entraîne une fixation plus longue sur les zones qu'ils tentent de lire. Concernant la carte 5, la légende ne comporte que très peu d'éléments. Il est donc possible de s'attarder plus longtemps sur chacun de ses éléments. De plus, le fond inhabituel et relativement complexe, ainsi que la place inhabituelle également de la légende, qui empiète partiellement sur la carte, peuvent être des explications potentielles à des difficultés de lecture entraînant des fixations plus longues.

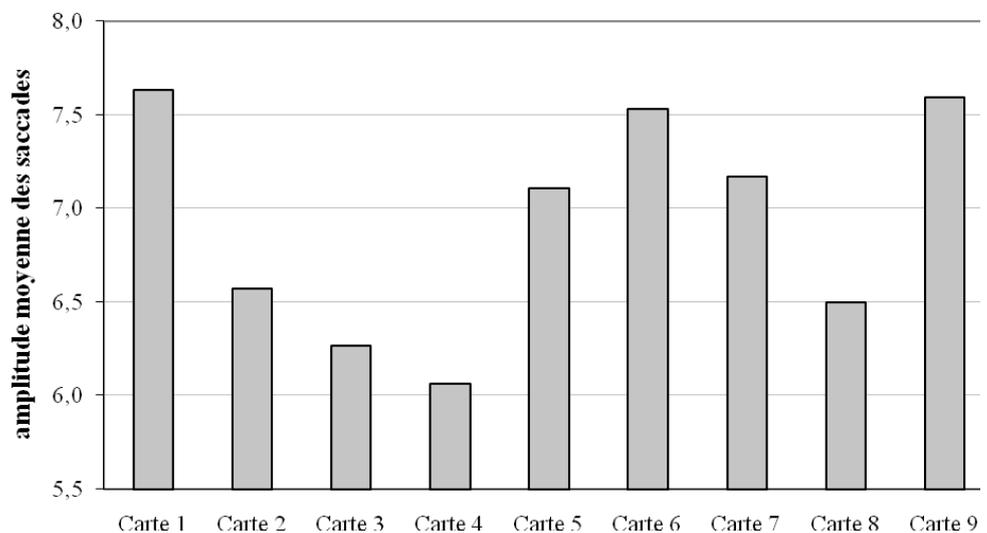
Cartes 3, 4, 6, 7, et 8 : Il s'agit là de cartes « moyennes », entraînant des nombres et durées de fixations relativement proches les unes des autres. On peut cependant distinguer les cartes 4 et 6, dont les résultats se rapprochent sensiblement de ceux de la carte suivante.

Carte 9 : Les sujets ici montrent un grand nombre de fixations, de courtes durées. Cette carte, à la légende simplifiée, a donc été parcourue de façon plus complète, sans sembler présenter d'obstacle à une lecture rapide.

Document 41 :
**Nombre moyen de saccades
 par carte**
 Source : PFE 2008/2009



Document 42 :
**Amplitude moyenne des
 saccades par carte**
 Source : PFE 2008/2009



On ne constate pas de lien direct entre le nombre moyen de saccades et l'amplitude de ces dernières. Nous étudierons donc successivement ces deux indicateurs.

L'analyse du nombre de saccades permet de distinguer 3 groupes, qui sont les mêmes que concernant l'étude des fixations :

Cartes 1, 2, et 5 : Ces cartes ont entraîné un faible nombre de saccades. On peut supposer que les personnes n'ont donc que peu parcouru la carte, et se sont concentrées sur des zones fixes. Il est probable qu'il s'agisse entre autres des légendes difficilement lisibles des cartes 1 et 2. En ce qui concerne la carte 5, les informations principales sont groupées au centre de la carte et sont peu éloignées de la légende, cette dernière étant elle-même relativement restreinte. La proximité l'ensemble de ces éléments participe donc à la réduction du nombre de saccades.

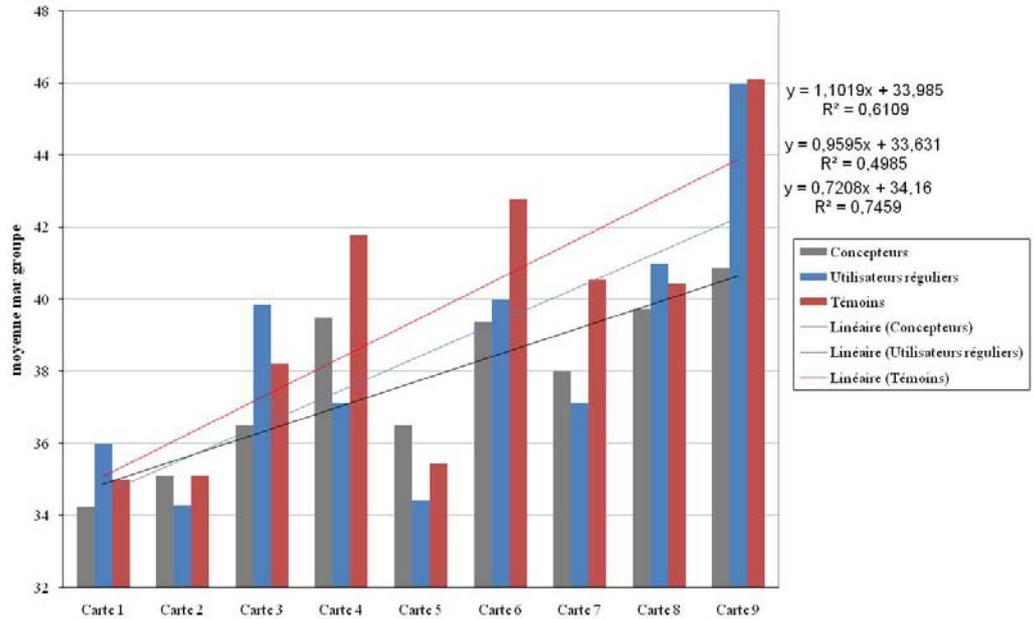
Cartes 3, 4, 6, 7, et 8 : Le nombre de saccades moyen de ces cartes est proche. Il semble donc s'agir là de cartes intermédiaires en termes de difficultés à la lecture, pour lesquelles les lecteurs ont choisi un compromis entre tout parcourir (donc réaliser beaucoup de saccades et des fixations courtes) et approfondir la lecture (et donc réaliser peu de saccades et des fixations plus longues). On pourrait aussi voir là une certaine accoutumance au temps d'observation relativement court puisque limité à 15 secondes.

Carte 9 : Le nombre de saccades concernant cette carte est particulièrement élevé. On peut émettre l'hypothèse que, la légende étant assez simple, elle permet de prendre le

temps de faire de nombreux allers-retours carte-légende afin de bien assimiler le contenu de la carte.

L'analyse de l'amplitude moyenne des saccades fait ressortir deux groupes : les cartes 2, 3, 4, et 8 d'une part, et les cartes 1, 5, 6, 7, et 9 d'autre part. Cependant, aux vues de toutes ces cartes et de leurs caractéristiques très diverses même au sein de ces deux groupes, il semble difficile d'extraire des conclusions quant à l'explication de ces amplitudes.

Document 43 :
Nombre moyen de fixations
par groupe et par carte
Source : PFE 2008/2009

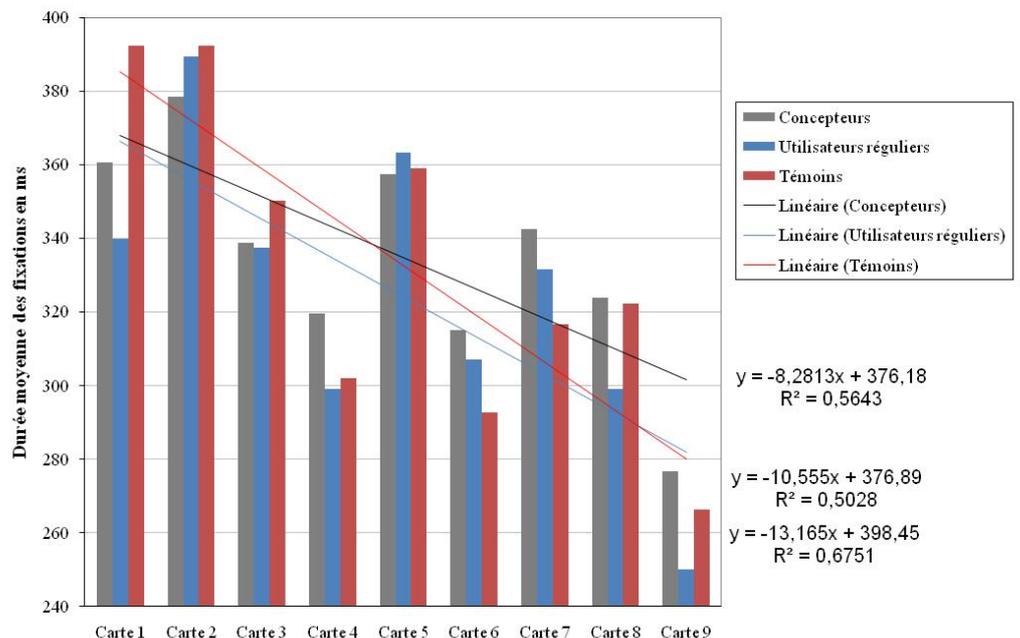


L'analyse du nombre moyen de fixations, par groupe et par carte montre que pour une même carte sont tous relativement proches d'un groupe à l'autre. Cependant, on peut distinguer :

Les cartes 4, 6, et 7 : Pour ces 3 cartes, le groupe « témoins » a réalisé un plus grand nombre de fixations.

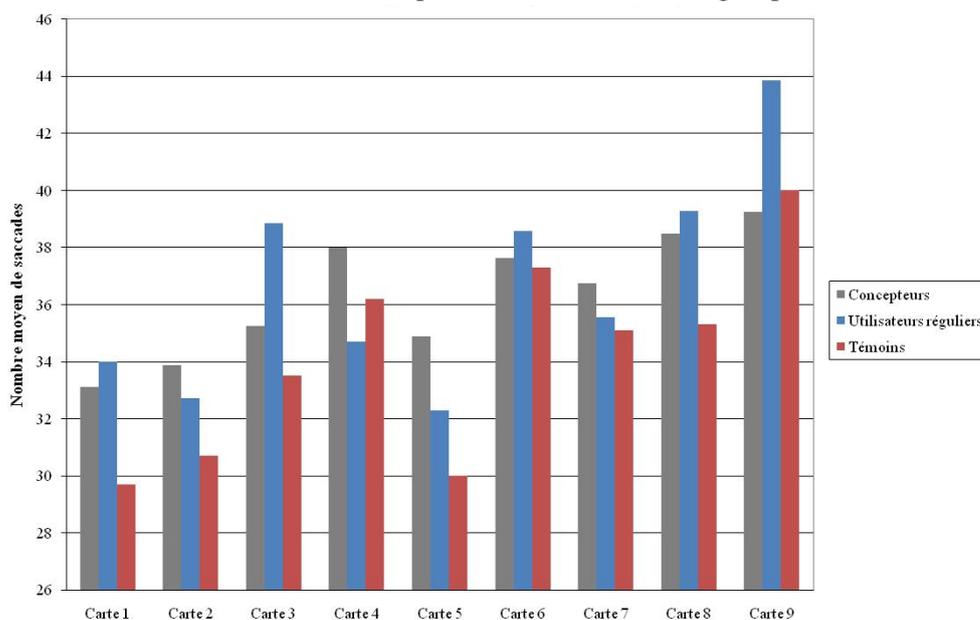
Pour la carte 9, le groupe des concepteurs a réalisé un nombre beaucoup plus faible de fixations. Cette carte, à la légende simplifiée, a donc probablement été très rapidement assimilée par ce groupe, qui prend le temps d'en mémoriser les données à travers des fixations plus longues.

Document 44 :
Durée moyenne des fixations
par groupe et par carte
Source : PFE 2008/2009

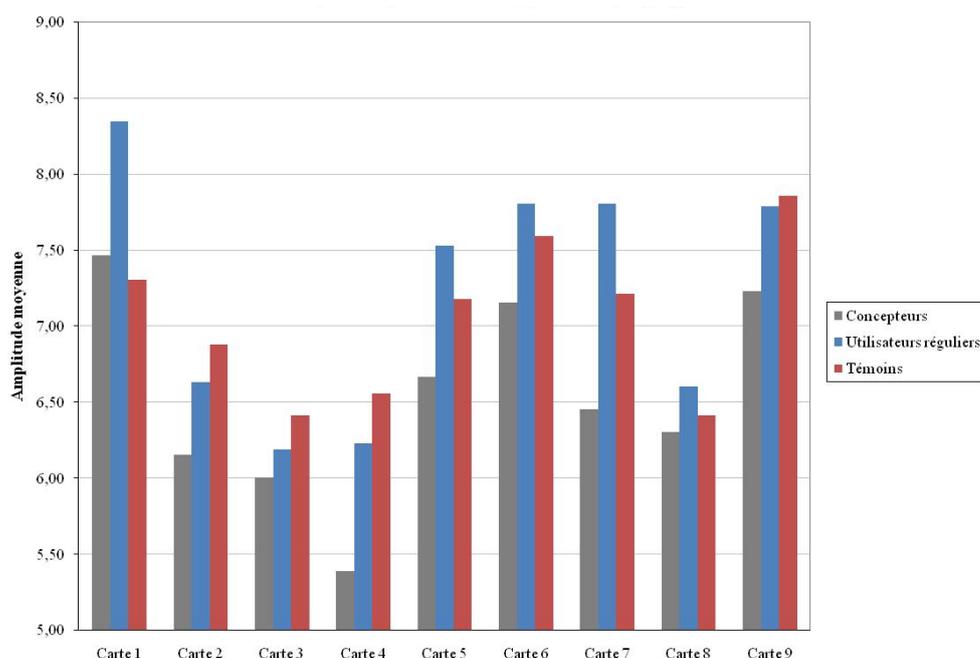


L'Analyse de la durée moyenne des fixations, par groupe et par carte montre que les différences entre les groupes sont faibles. Cependant, on peut noter que les personnes « témoins » se sont attardées plus longtemps sur les fixations de la carte 1, marquant certainement un besoin de lecture supérieur à celui des autres groupes.

Document 45 :
**Nombre moyen de saccades
 par groupe et par carte**
 Source : PFE 2008/2009



Document 46 :
**Amplitude moyenne des
 saccades par groupe et par carte**
 Source : PFE 2008/2009



Peu de tendances marquantes apparaissent sur ces graphiques. On peut malgré tout constater que le nombre moyen de saccades du groupe « témoins » est légèrement inférieur à celui des autres groupes, laissant deviner une lecture plus partielle de la superficie des cartes. Par ailleurs, le groupe « concepteur » présente un nombre de saccades supérieur aux autres pour les cartes 4 et 5. Ces cartes ont en commun une légende avec peu de figurés, rapidement comprise par ce groupe, qui a ensuite « le temps » d'aller explorer le reste de la carte. Enfin, on peut noter que l'amplitude moyenne des saccades du groupe des concepteurs reste fréquemment inférieure à celles des autres groupes, illustrant une meilleure connaissance de l'organisation des cartes et moins de dispersion dans la lecture.

Conclusion

Nous avons souhaité mettre en place un traitement original et innovateur concernant les résultats de l'enquête cognitive. Cette méthode a donné lieu à la discrétisation de trois classes au sein desquelles les cartes 9 et 5 apparaissent comme étant les plus appréciées suivi des cartes 6 et 8. Enfin les cartes 1, 2 et 3, à l'échelle nationale ont fait l'objet d'une critique concernant leur sémiologie et leur pertinence.

Parallèlement à cette analyse, nous avons exploité les résultats statistiques issus de l'expérimentation vidéo-oculométrique. Là encore, il est possible de distinguer trois groupes de cartes :

- Carte 9
- Cartes 1, 2 et 5
- Cartes 3, 4, 6, 7 et 8

En croisant les deux classifications, il apparaît que la carte 9 est particulièrement efficace en termes de lecture rapide quelque soit le groupe concerné. La carte 5, présente des caractéristiques statistiques différentes mais est toutefois satisfaisante. Les cartes 6 et 8 sont en position intermédiaire et ce pour les deux types de méthodes. Enfin 1, 2 et 3 sont considérées comme inadaptées à une lecture rapide sur écran.

Si certains résultats sont donc comparables, on observe pour quelques cartes un décalage dans leur classification en partie due aux difficultés de traduire en termes de perception l'analyse des mouvements oculaires.

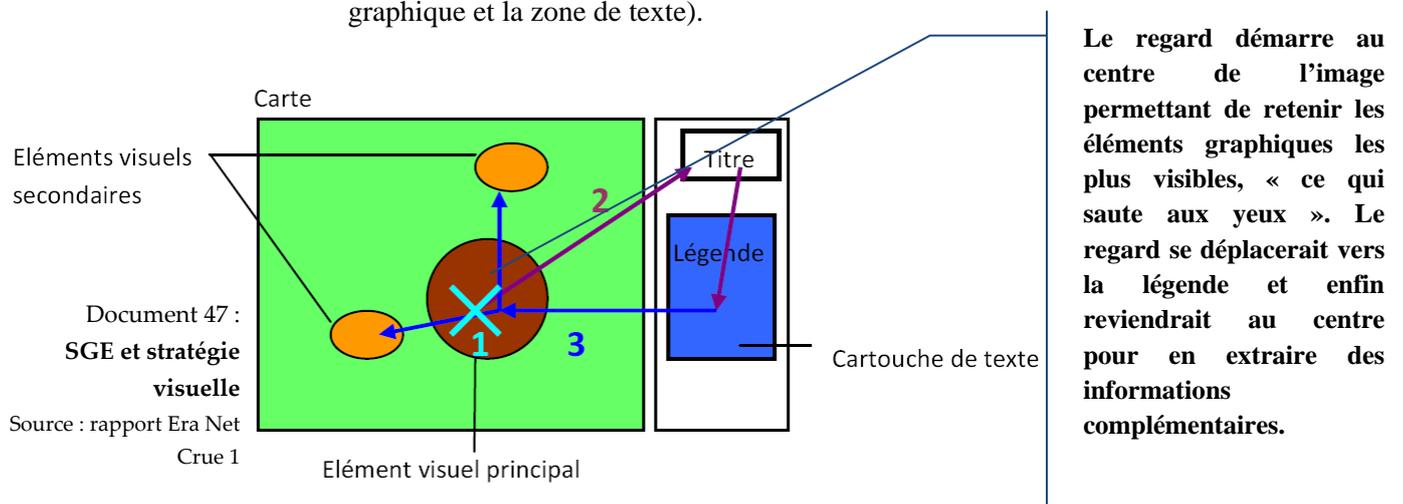
Pour affiner ces résultats, nous verrons plus en détail les parcours visuels des sujets à travers des analyses spatiale, dynamique et zonale.

Chapitre 2 : Analyse des mouvements oculaires : quelles sont les stratégies visuelles des sujets ?

Nous considérons, dans cette partie, les stratégies visuelles comme les manières dont un observateur déploie les différents mouvements oculaires possibles lors de l'exploitation d'une image. Existe-t-il une stratégie visuelle unique et applicable à l'ensemble des cartes de notre échantillon ? Pour ce faire, nous avons dans un premier temps regardé de manière globale les résultats de tout l'échantillon et dégagé des irrégularités ou des éléments répétitifs. Puis il sera intéressant de prendre appui sur des cas particuliers pour montrer les disparités qu'il existe entre les groupes (témoin, utilisateur, concepteur).

Introduction : Quels éléments sont les plus regardés ?

Grâce à l'étude dynamique, il est possible de compiler les stratégies visuelles des 25 personnes testées. La synthèse est globalement conforme aux résultats issus de l'étude Era-Net Crue 1. En effet, pour une grande majorité de personnes sur quasiment l'ensemble des cartes, le regard parcourt les deux principaux éléments à savoir (la zone graphique et la zone de texte).



Si l'on prend pour exemple la carte 2, dès la troisième seconde, 80 % des sujets ont regardé les deux éléments dans un ordre bien précis :

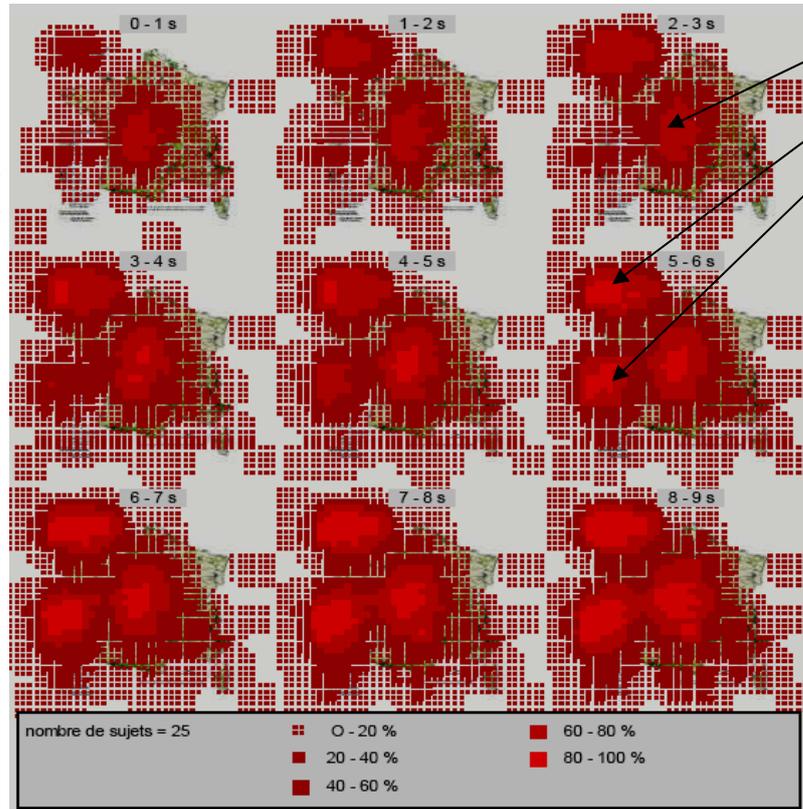
- Le regard démarre au centre de la carte (Ceci apparaît comme inéluctable dans ce genre d'expérimentation. En effet, étant donnée la position du sujet (menton posé sur la mentonnière) le regard se fixe quasi automatiquement au centre de la carte.
- Cependant, l'œil, très rapidement, se dirige en haut du cartouche de texte et lit le titre (pour peu qu'il soit placé en haut).
- La légende est le troisième élément observé et sur lequel le regard s'attarde.
- Enfin, le regard retourne sur la carte où il se focalise sur

« l'élément visuel principal pour, ensuite se porter sur les éléments visuels secondaires »¹⁰⁰.

100 S. FUCHS, W. DORNER, K. SPACHINGER, K. SERRHINI avec la collaboration de J. ROCHMANN et A. BIGNARD, « Era-Net CRUE, Document de synthèse, Development of Flood Risk in Mountain Catchments and Related Perception – RISKATCH », 10 pages.

Document 48 :
**Analyse dynamique des
 mouvements oculaires de la
 carte 2**

Source : PFE 2008/2009



1 : Centre de la
 carte
 2 : Position du titre
 3 : Position de la
 légende

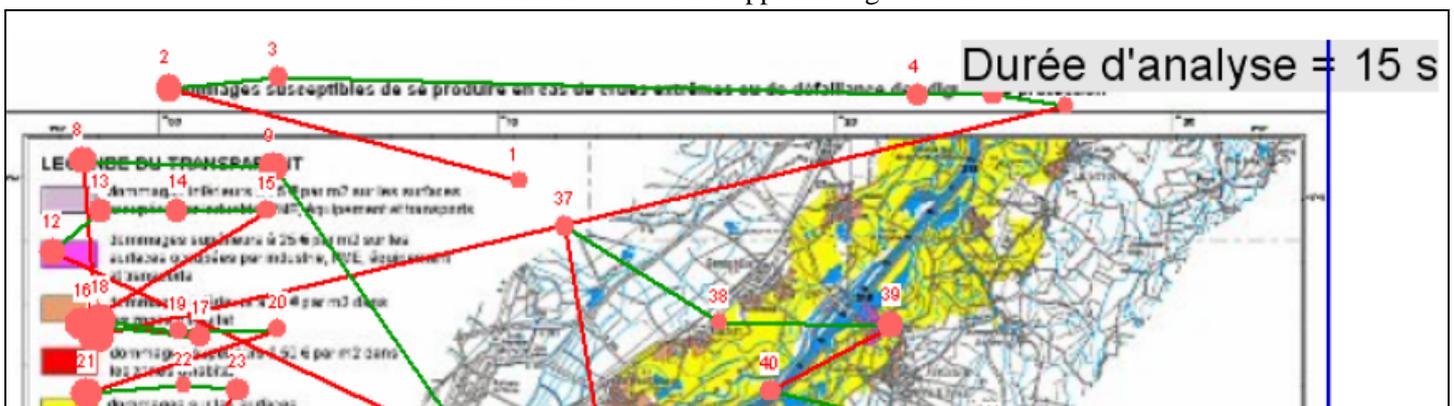
Cependant, pour certaines cartes

« en fonction de la densité d'information et du niveau de détails de la légende, ce schéma est plus complexe. Le regard réalise en effet une deuxième voire une troisième série de mouvements oculaires »¹⁰¹.

1. Le titre : premier élément important

A. Éléments généraux

Le titre est l'élément recherché en premier par le regard car il possède une fonction particulière : fournir la première information et aider à interpréter la carte. De plus, nous savons que les zones de texte attirent particulièrement l'œil. Ceci provient de notre culture commune basée sur l'apprentissage de la lecture.



Carte 21 :
**Extrait d'analyse spatiale de la
 carte 4 (lecture du titre)**
 Source : PFE 2008/2009

Sur cet extrait de la carte 4, vu par une personne du groupe « témoin » ce phénomène de recherche de titre est extrêmement parlant. Si le point de fixation 1 se situe légèrement en dessous du titre, les points 2, 3, 4, 5 et 6 sont liés à la lecture du titre. Après avoir appréhendé ce dernier, le regard s'est déplacé vers la légende. Il faut toutefois nuancer

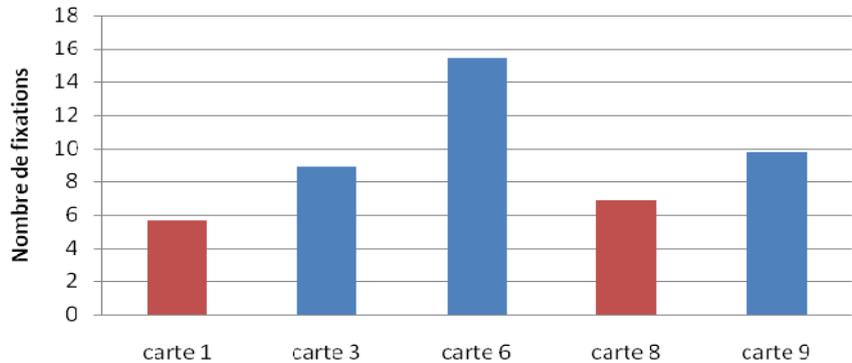
101 Ibid

ces propos et l'analyse spatiale par zones d'intérêt permet de quantifier, infirmer ou approfondir ce constat.

B. La position et taille du titre :

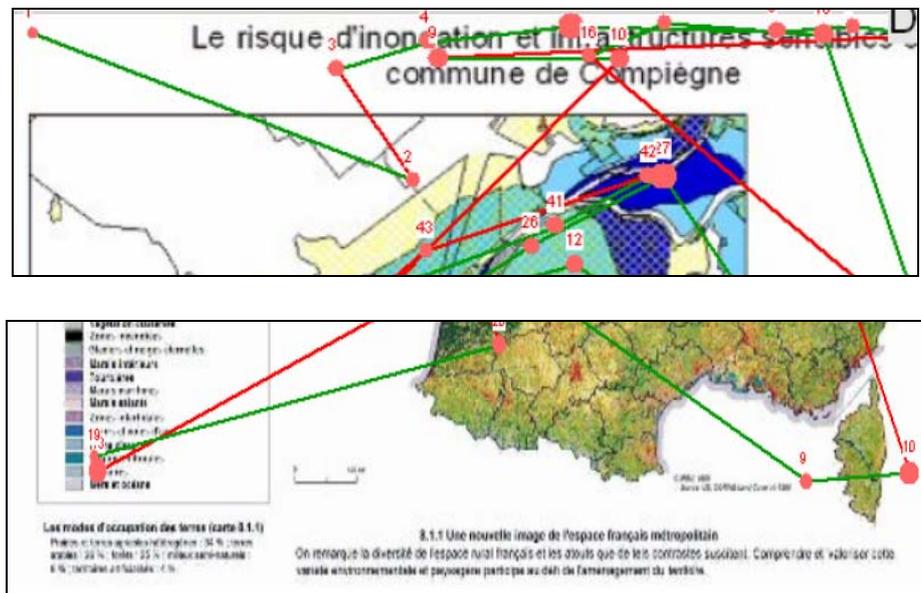
Cartes	Carte 1	Carte 3	Carte 6	Carte 8	Carte 9
Position	En bas	En haut	En haut à droite	En bas	En haut
Taille du titre	Petite	Petite	Grande	Grande	Grande

Document 49 :
Comparaison du nombre de fixations de la zone titre pour les cartes 1, 3, 6, 8 et 9
 Source : PFE 2008/2009



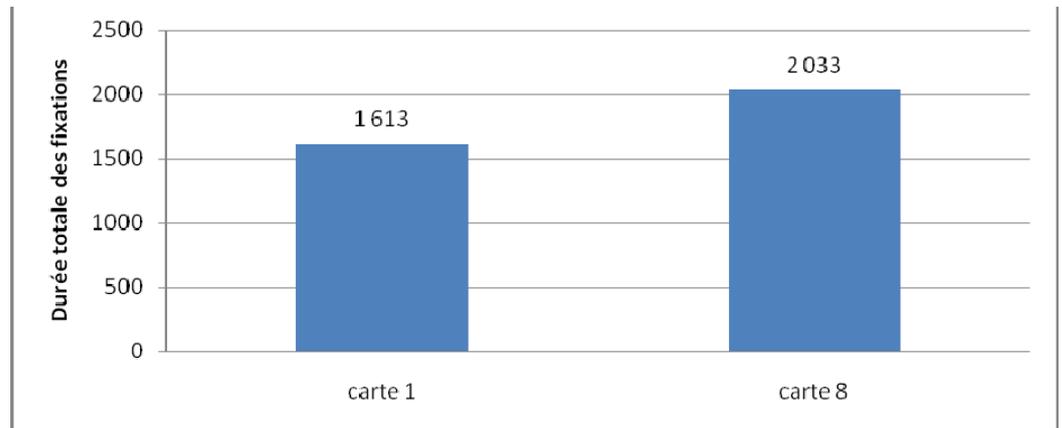
En rouge sont représentées les cartes dont le titre figure en bas et en bleu les cartes dont le titre est en haut. En fonction des cartes, entre 11 % et 34 % des 15 secondes est réservé à la lecture du titre. En ce qui concerne la carte 1, 7 personnes sur 25 n'ont pas regardé le titre. 6 personnes n'ont pas regardé le titre de la carte 8. À l'inverse, l'ensemble de l'échantillon a regardé le titre de la carte 6 même de manière extrêmement rapide. La position du titre serait donc plus que déterminante pour permettre la lisibilité de ce dernier. A priori, la position optimum du titre est en haut de la carte. Cette conclusion est conforme avec les recommandations incluses dans le PFE d'Aude Bignard ainsi que dans la synthèse d'Era-Net Crue 1

Carte 22 :
Exemple de visualisation (haut) ou non (bas) du titre en fonction de sa position
 Source : PFE 2008/2009



De plus, les titres des cartes 6, 8 et 9 sont écrits en caractères relativement gros, contrairement aux cartes 1 et 3. Si l'on prend les cartes à position égale 1 et 8 (titre en bas) on s'aperçoit que le titre de la carte 8, écrit plus gros, est légèrement plus regardé.

Document 50 :
Durée totale des fixations de la zone titre pour les cartes 1 et 8
 Source : PFE 2008/2009

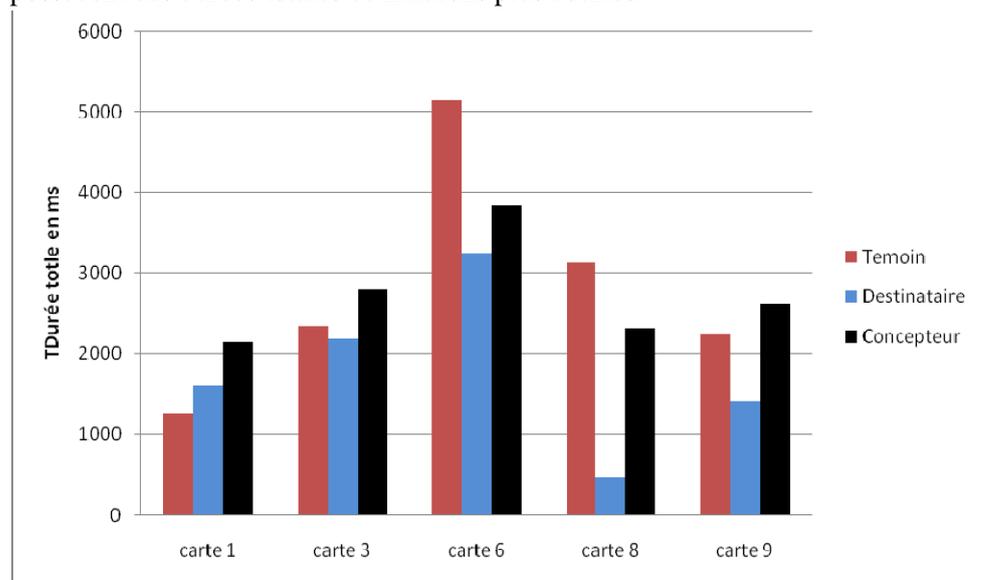


Il en est de même avec les cartes 3, 6 et 9, pour lesquelles le titre 3 plus petit que les deux autres présente un nombre de fixations inférieur. Ce détail pourrait expliquer pourquoi les titres 6 et 9 ont été plus rapidement lus.

C. Différentes stratégies de lecture du titre en fonction du type de destinataire

Indépendamment de la position du titre, en fonction de sa culture des cartes, ce dernier n'est pas lu de la même manière. On s'aperçoit que les « concepteurs » ont tendance à l'observer plus longtemps que les autres catégories. Les utilisateurs quant à eux possèdent des durées totales de fixations plus courtes.

Document 51 :
Comparaison des durées totales de fixations de la zone titre par type de lecteur et par carte
 Source : PFE 2008/2009



2. La légende : entre position et complexité

A. Éléments généraux

Le deuxième élément regardé lors des mouvements oculaires se trouve être la légende. La légende est fondamentale car elle permet la compréhension de la symbolique graphique de la carte.

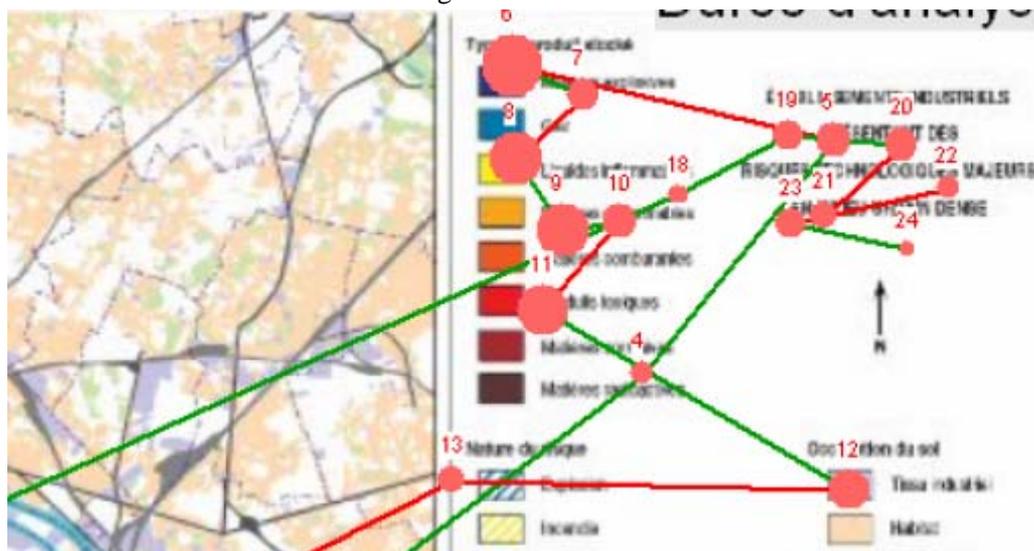
« Elle constitue une clé de lecture de l'information transmise »¹⁰²

Sur cet extrait de la carte 7, vu par une personne du groupe « Témoin », ce phénomène de recherche de légende est extrêmement parlant. Si les points de fixation 2 et 3 se

102BIGNARD A., (2008), « Cartographie du risque d'inondation : perception et aide à la décision en aménagement », mémoire du Projet de Fin d'Études, sous la direction de K. Serhini, Département Génie de l'Aménagement, École Polytech'Tours, 139 pages.

situent au cœur de la carte, les points 4, 5 sont sur le titre. Tandis que les points de 6 à 13 sont consacrés à la lecture de la légende.

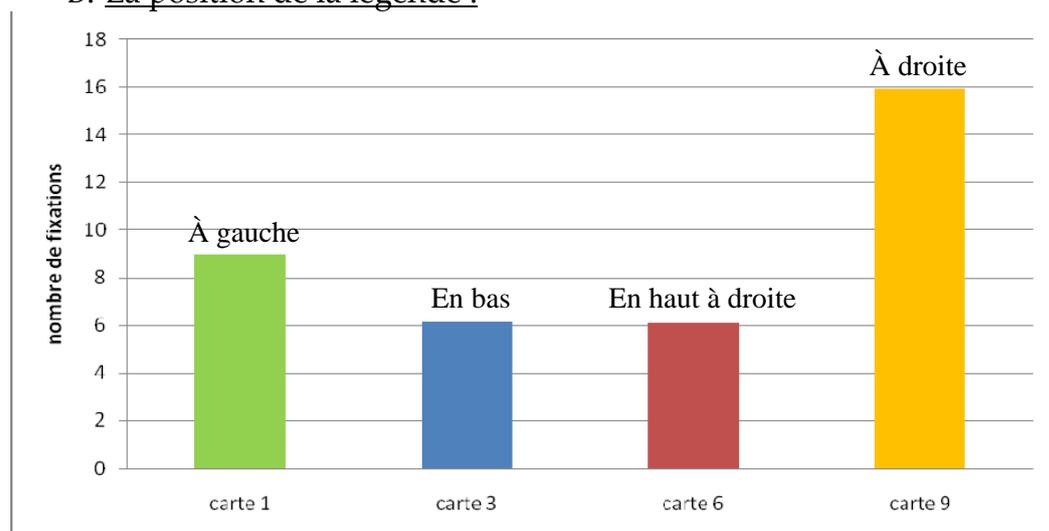
Carte 23 :
Exemple de visualisation de la légende par l'analyse spatiale de la carte 7
Source : PFE 2008/2009



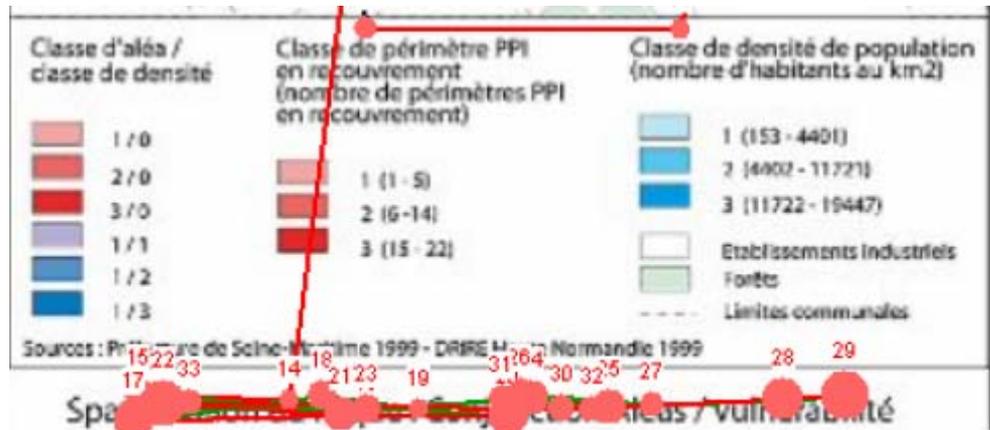
En fonction des cartes, entre 19 et 46 % des 15 secondes totales ont été réservées à l'observation de la légende. Après avoir appréhendé cette dernière, le regard est retourné vers le centre de la zone graphique. Il faut toutefois nuancer ce constat, et là encore, l'analyse spatiale par zones d'intérêt le permet

B. La position de la légende :

Document 52 :
La position de la légende est déterminante pour sa lisibilité
Source : PFE 2008/2009



En vert est représentées la carte donc la légende figure à gauche, en bleu la carte dont la légende est en bas, en rouge : en haut à droite et enfin le jaune : à droite. On constate que le regard se fixe deux fois plus lorsque la légende est à droite. D'autre part, l'ensemble de l'échantillonnage a vu la légende de la carte 1 et de la carte 9. En revanche, 1 et 2 personnes n'ont pas regardé respectivement les cartes 3 et 6. Ces deux constatations peuvent confirmer les conclusions d'Aude Bignard selon lesquelles la position de la légende est déterminante pour permettre la lisibilité des figurés de la carte.



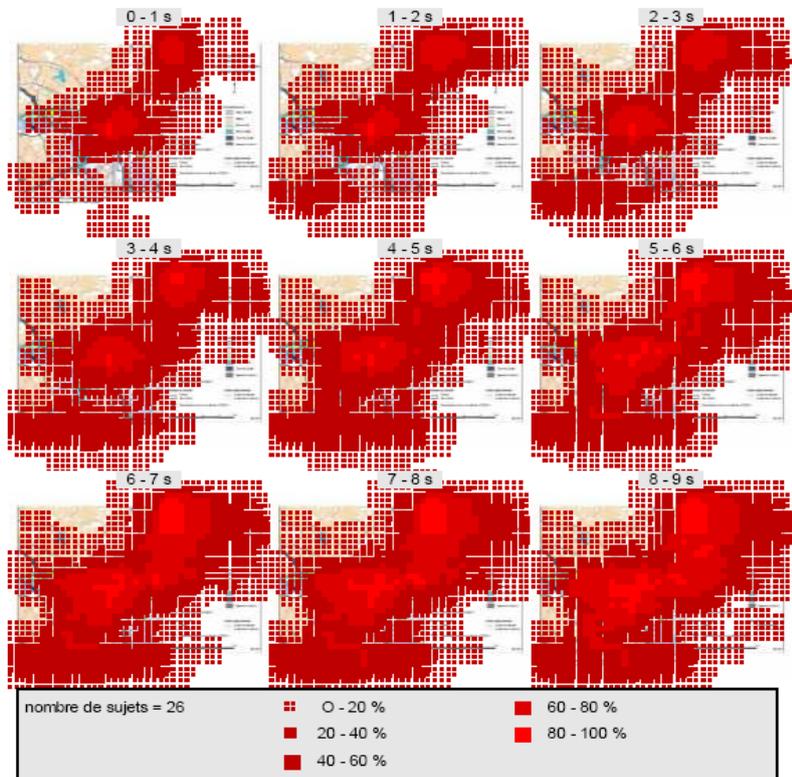
Carte 24 :
Exemples de visionnage (droite) ou non (haut) de la légende
Source : PFE 2008/2009



C. La composition de la légende :

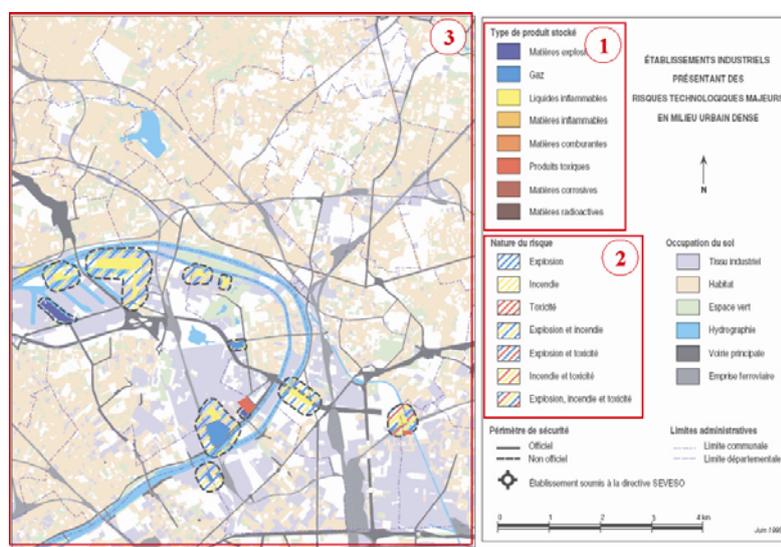
Toutefois, il est possible de différencier certaines zones, en fonction de la composition de la légende. La carte 7 se prête bien à l'étude des figurés surfaciques. En effet, on y trouve des aplats couleurs vives, des aplats de couleurs claires, et des figurés de texture.

Document 53 :
Analyse dynamique des mouvements oculaires de la carte 7
Source : PFE 2008/2009



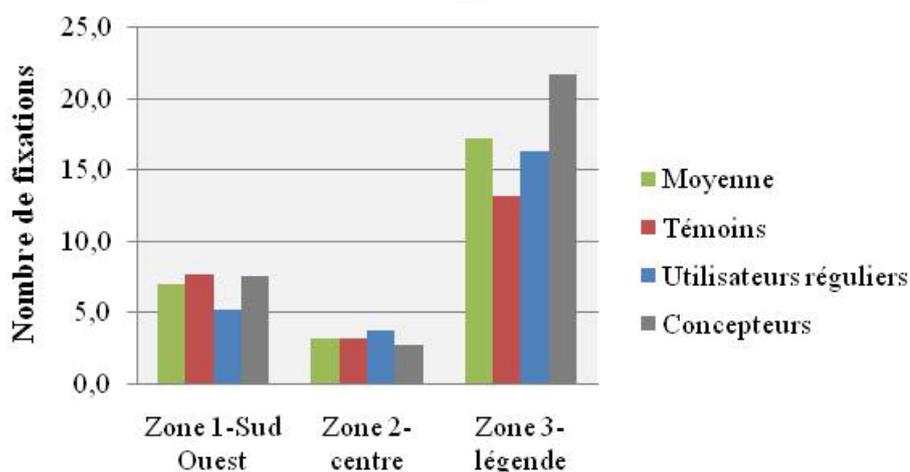
L'analyse dynamique montre que les aplats de couleurs claires sont tardivement et peu observés. Même si leur localisation, plus éloignée de la carte, est certainement en partie responsable de ce phénomène, il s'agit d'une illustration de l'attrait des couleurs vives. D'autre part, afin de quantifier l'attrait des textures par rapport aux aplats de couleurs, on peut étudier quantitativement les fixations des zones 1 et 2 ci-dessous.

Carte 25 :
Délimitation des zones d'intérêt sur la carte 7
 Source : PFE 2008/2009

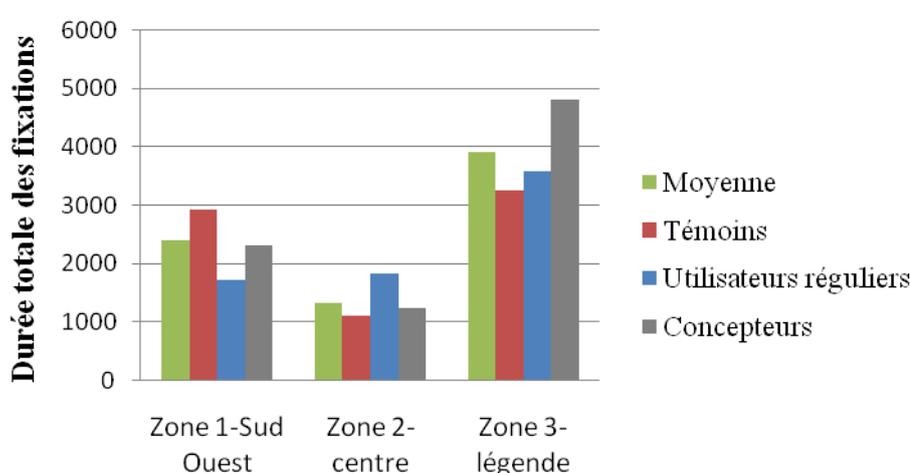


2. Les établissements industriels présentant des risques technologiques majeurs et leurs périmètres d'isolement dans un tissu urbain dense au 1/75 000 (extrait)

Document : 54
Nombre de fixations par zone de la carte 7
 Source : PFE 2008/2009



Document : 55
Durée totale des fixations par zones de la carte 7
 Source : PFE 2008/2009

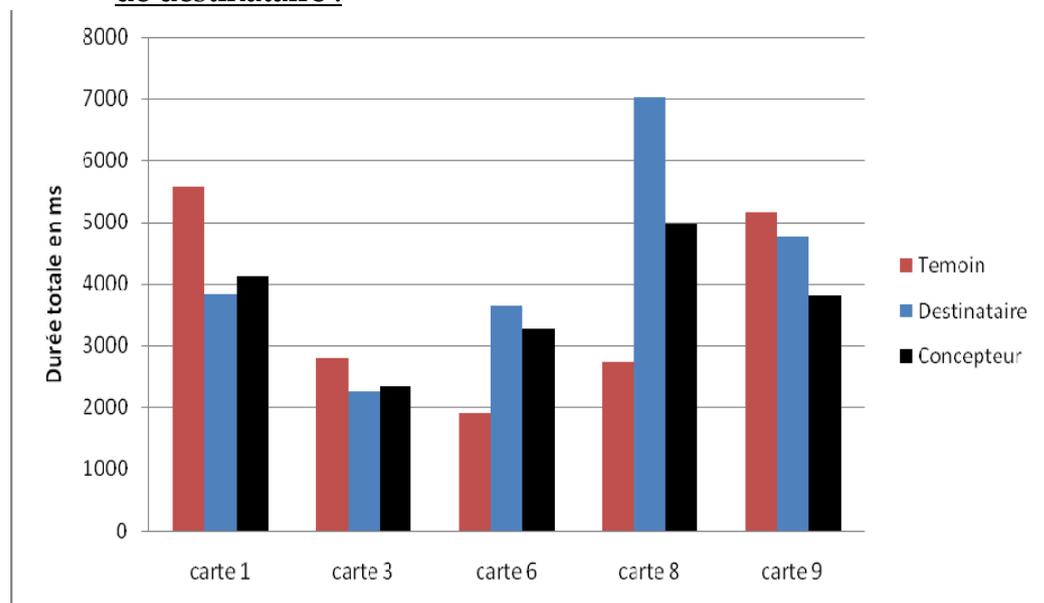


Ces deux graphiques correspondant respectivement aux nombres de fixations et à leur durée totale montrent clairement que les aplats de couleurs vives attirent plus le regard

que les textures malgré les couleurs relativement vives de ces dernières. On peut là encore nuancer cette constatation car les textures sont situées sous les aplats.

D. Différentes stratégies de lecture de la légende en fonction du type de destinataire :

Document : 56
Comparaison des durées de fixations de la zone légende par type de lecteur et par carte
Source : PFE 2008/2009



Pour trois cartes sur cinq, ce sont les personnes « témoins qui ont passé le plus de temps sur la légende. Cela est peut-être à mettre en lien avec la certaine complexité de la légende qui demande un temps de lecture plus grand pour la comprendre. Prenons l'exemple de la carte 1 qui possède 44 aplats de couleurs ce qui représente un élément de complexité pour les « témoins ». Cela explique probablement le temps important passé sur la légende comparativement aux autres catégories. A l'inverse, la carte 9 avec des figurés qui respectent les règles de sémiologie semble plus facile d'accès et dès lors les concepteurs plus habitués y passent moins de temps.

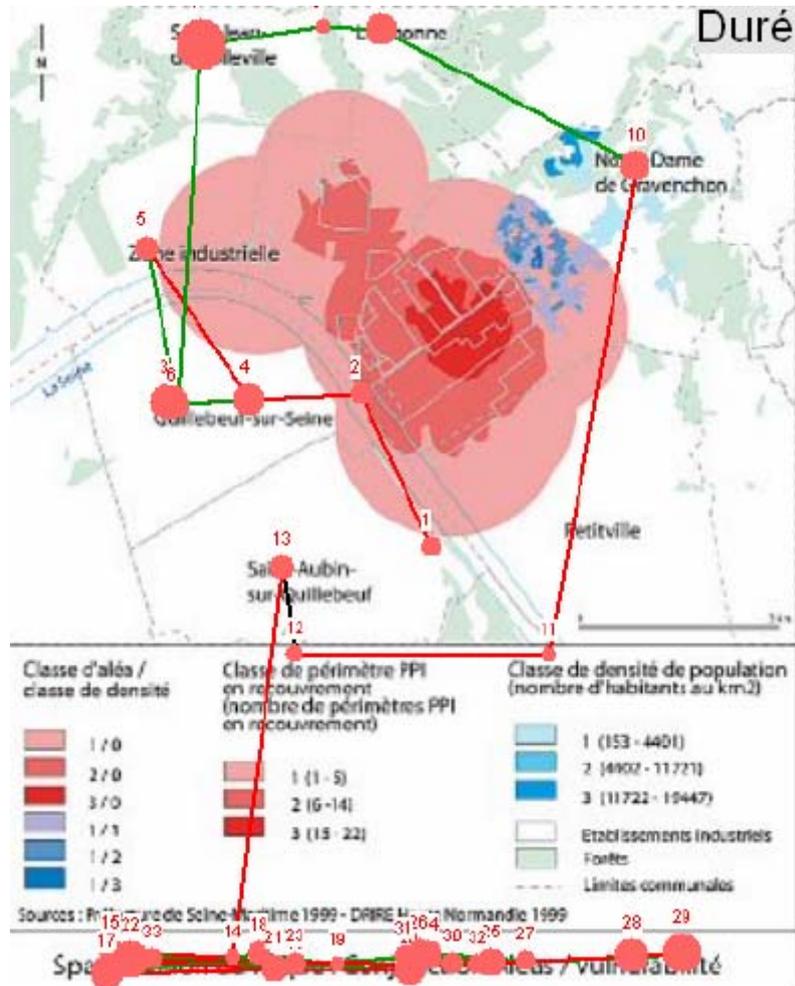
3. Les éléments de la carte

A. Éléments généraux

De manière générale, c'est l'élément central de la carte qui attire le plus le regard tout du moins en termes de temps passé sur la zone. En fonction des cartes entre 31 % et 42 % du temps est consacré à l'observation de la zone graphique. Ce chiffre diffère considérablement avec les résultats trouvés par Aude Bignard lors de son PFE. Lors de son analyse c'est près de 66 à 80 % du temps qui permettait de visionner les informations graphiques. Il est fort possible que la différence provienne de la méthode employée. En effet, l'une des consignes données (même implicitement) lors de notre expérimentation était : « Après le visionnage de la carte pendant 15 secondes, vous devez écrire sur le questionnaire ce que vous avez retenu de la carte ». Il est alors fort probable que nos sujets se soient focalisés un peu plus sur le titre et la légende pour répondre à cette question. En effet, il est plus simple de retenir et de retranscrire un élément de texte, plutôt qu'un élément graphique.

Les zones de textes ont un intérêt particulier dans la cartographie car elles ont un pouvoir d'attraction fort. Sur l'analyse ci-dessous, l'un des « témoins » a parcouru la carte uniquement en lisant les textes (noms des villes et titre). Très peu de fixations se sont faites sur les éléments graphiques et pourtant la personne, lors de l'enquête cognitive qui a suivi la lecture de carte, a montré qu'elle avait mémorisé les principaux éléments contenus dans la carte.

Carte 26 :
Analyse spatiale des
mouvements oculaires de la
carte 8 d'une personne du
groupe « témoin »
Source : PFE 2008/2009



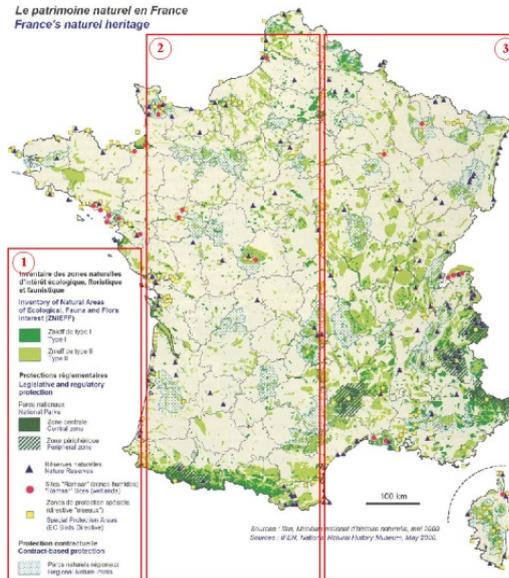
B. Rôle du positionnement des éléments

Document 57 :
Analyse dynamique
des mouvements
oculaires de la carte 2
Source : PFE 2008/2009



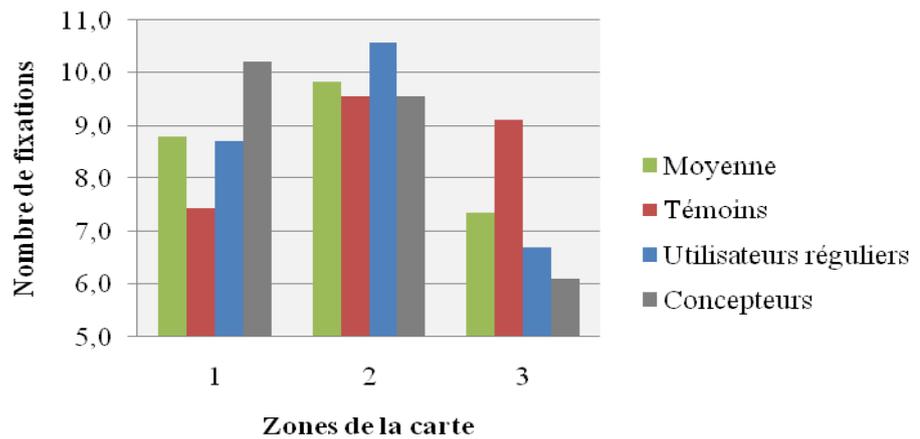
Sur la carte 2, il est flagrant, à la vue de l'analyse dynamique, que la partie est de la carte est moins regardée par rapport à la partie ouest. On voit en effet que le regard se

porte d'abord sur le centre, puis sur le titre (illustrant le pouvoir attractif du texte) et enfin sur la légende. Située hors de ces trois zones, on voit que l'est de la France, et notamment l'Alsace-Lorraine, n'est pas observé. Afin de quantifier cette différence entre l'attention portée à la partie est et à la partie ouest de la carte, nous avons créé les zones suivantes et réalisé une étude statistique zonale.

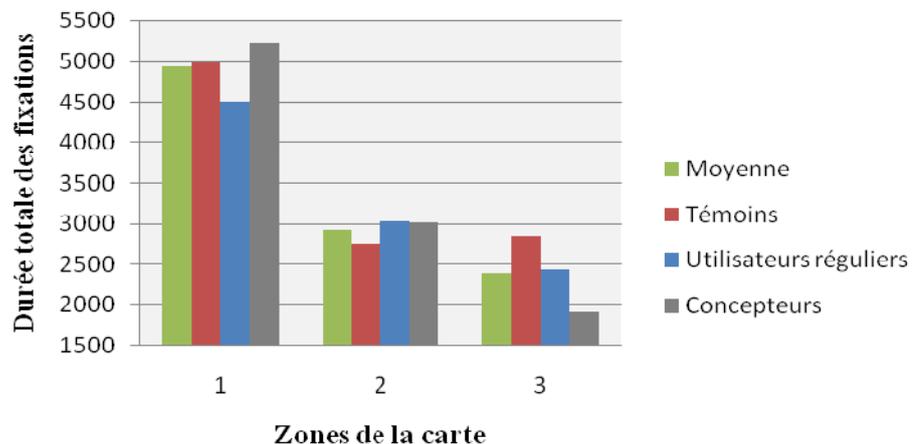


Carte 27 :
Zones de la carte 2
1 – Légende
2 – Partie Ouest
3 – Partie Est
Source : PFE 2008/2009

Document 58 :
Nombre de fixations
par zone de la carte 2
Source : PFE 2008/2009



Document 59 :
Durée totale des
fixations par zone de
la carte 2
Source : PFE 2008/2009

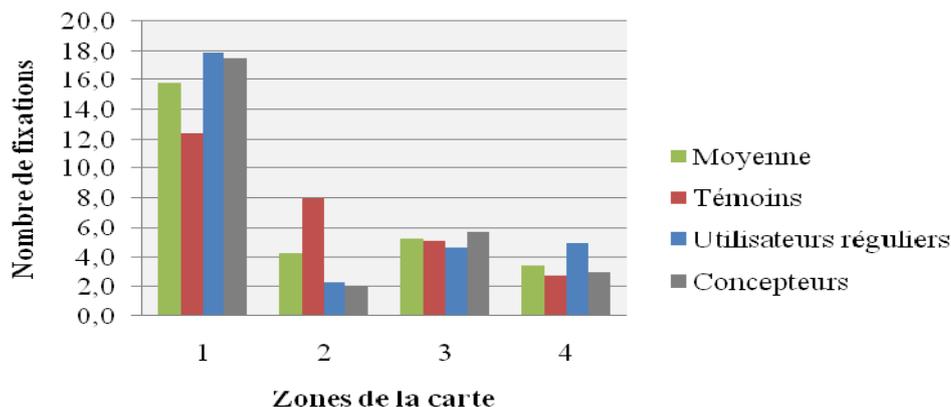


Il en ressort les éléments suivants :

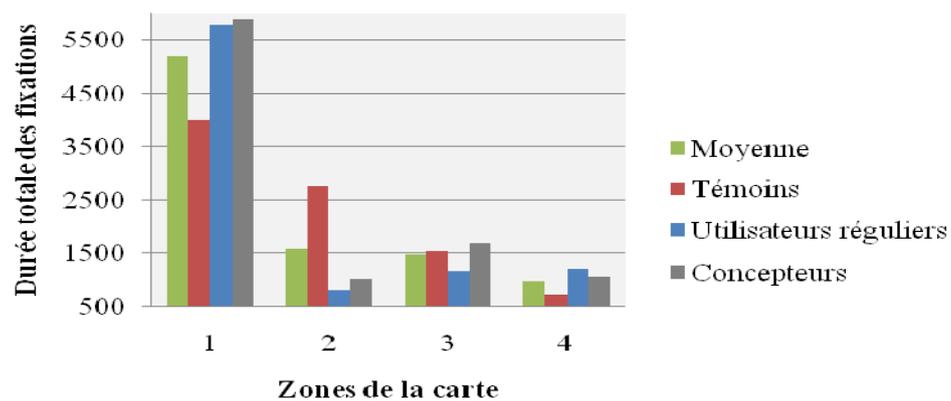
- La partie est de la carte présente une durée totale de fixation inférieure à la partie ouest. Ceci est encore plus marqué en termes de nombre de fixations.
- On remarque d'autre part la différence de type de lecture entre la légende (zone 1) et le reste de la carte. En effet, la légende compte peu de fixations, mais celles-ci sont nettement plus longues que les fixations présentent sur la zone graphique. Ceci conforte le fait qu'une fixation longue traduit un processus cognitif, ici la lecture, rendue de surcroît difficile par la petite taille de la police.
- Enfin, les concepteurs ont accordé beaucoup moins de temps à la partie est de la carte que les autres groupes, et sont restés au contraire beaucoup plus longtemps sur la légende. Il semblerait donc qu'ils ont privilégié la compréhension de la carte à son parcours « esthétique ».

Ces constatations sont cependant à nuancer. Les analyses zonales de la carte 4 montrent bien que la zone 3 se situant entre les deux légendes n'est pas plus regardée que la zone 4.

Document 60 :
Nombre de fixations
par zone de la carte 4
Source : PFE 2008/2009



Document 61 :
Durée totale des
fixations par zone de
la carte 4
Source : PFE 2008/2009



L'analyse zonale de la carte 4 permet également d'étudier l'impact de l'organisation des éléments de cette dernière. Si la proximité de la légende permet d'améliorer la visibilité de l'élément cartographié comme semble le montrer l'analyse dynamique de la carte 2 alors la zone 3, située entre les deux blocs de légende, devrait attirer nettement plus le regard que la zone 4, située plus au Nord.

Or les analyses zonales de la carte 4 montrent que la zone 3 n'est quasiment pas plus regardée que la zone 4. La différence entre le nombre de fixations de ces zones et la durée totale de ces fixations est en effet relativement faible.

Cette observation peut certainement être imputée à la présence du titre en haut de la carte, qui attire le regard et l'entraîne à survoler la zone 4. Il s'agit aussi très probablement de l'attraction des couleurs vives, dont la localisation suit celle du cours d'eau et entraîne des mouvements oculaires suivant cette diagonale.

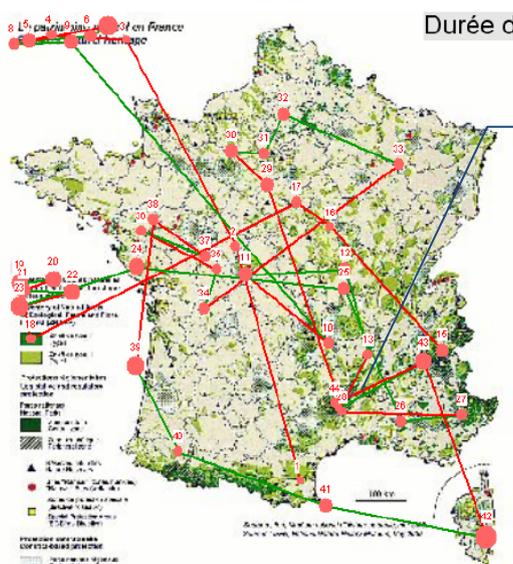
Il est donc délicat d'établir des règles générales concernant l'action des éléments d'une carte les uns par rapport aux autres. Chaque élément, en fonction de sa couleur et de la quantité de textes qu'il présente, aura son propre pouvoir d'attraction, qui se combinera aux effets des autres éléments. Il faut donc observer la carte dans son ensemble pour pouvoir juger de l'attractivité des éléments, et ne pas les analyser deux à deux.

C. Rôle de la couleur

Il ressort par ailleurs de l'analyse spatiale une forte attraction des zones colorées (vert sombre notamment).

Carte 28 :
Exemple d'un sujet du
groupe des
concepteurs

Source : PFE 2008/2009

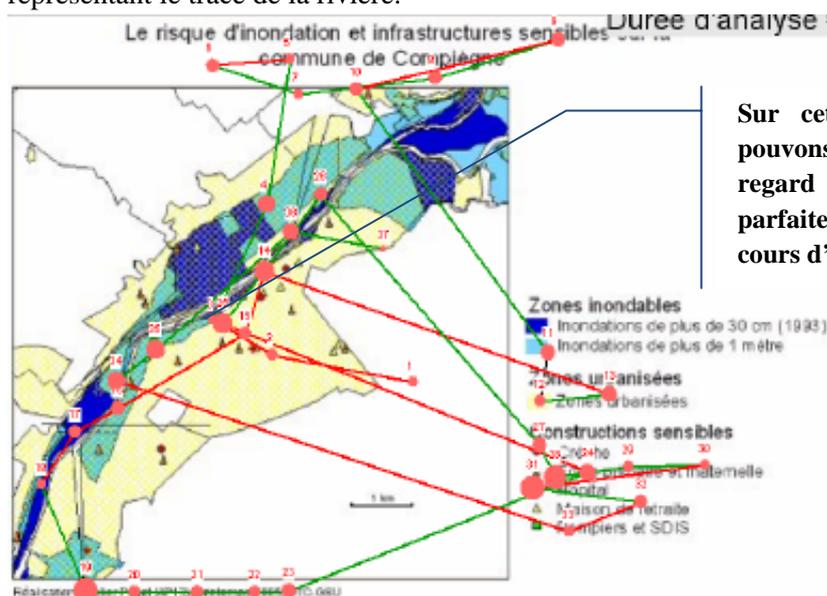


Sur cet exemple, il est possible de voir que le regard du sujet testé s'est porté sur les zones les plus colorées. Les contrastes permettent à l'œil d'avoir un point d'engrègement fort.

Les analyses spatiales de plusieurs cartes montrent que l'œil suit naturellement les axes formés par les couleurs les plus vives. Par exemple sur la carte 9, seize des vingt-cinq personnes présentent un parcours visuel qui longe la diagonale Sud Ouest – Nord Est représentant le tracé de la rivière.

Carte 29 :
Exemple d'un sujet du
groupe des témoins

Source : PFE 2008/2009



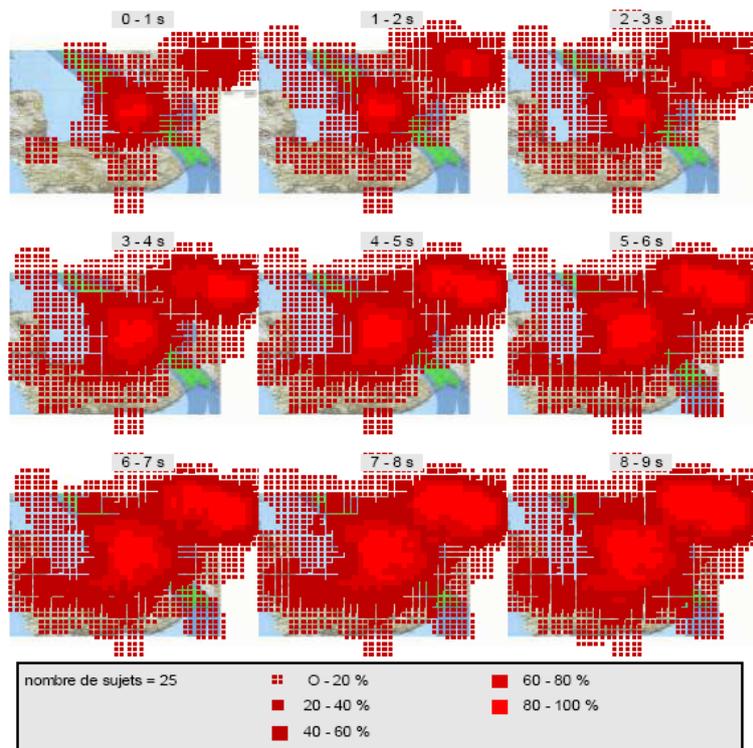
Sur cet exemple, nous pouvons voir que le regard du sujet à suivi parfaitement l'axe du cours d'eau.

D. Le fond de carte

La carte présente un fond qui diffère des autres. Il est plus riche et présente des couleurs relativement sombres susceptibles d'attirer l'œil, malgré l'absence d'information

intéressante vis-à-vis du thème de la carte. Si l'on s'intéresse à l'analyse dynamique de cette carte, on s'aperçoit qu'en plus des deux zones d'intérêts principaux, à savoir la légende en haut à droite et la partie colorée où figurent les aplats de couleurs, une zone rouge sombre apparaît sur la partie Sud-ouest de la carte, alors qu'aucun figuré n'y est présent.

Document 62 :
Analyse dynamique
des mouvements
oculaires de la carte 5
Source : PFE 2008/2009



Si l'on s'intéresse, à travers l'analyse spatiale, aux mouvements oculaires des sujets concernant cette zone, on distingue trois types de comportements, dont le tableau ci-dessous résume trois types de parcours caractéristiques :

Document 63 :
Comparaison des
stratégies visuelles
des différents types
de destinataires
Source : PFE 2008/2009

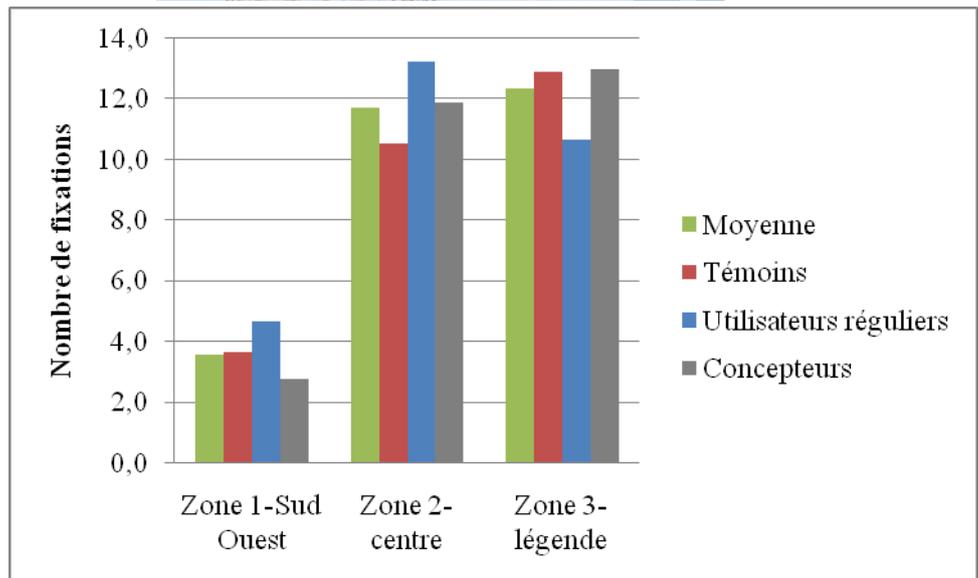
Sujet « témoin » : Étude fouillée de la zone	Sujet « utilisateur régulier » : Parcours rapide	Sujet « concepteur » : Ignorance de la zone

L'étude zonale ci-après va permettre de quantifier cette analyse qualitative. Trois zones ont été tracées : une zone englobant la légende (3), une comprenant le centre de la carte, où sont regroupées une partie des aplats (2), et une troisième zone (1) où ne figure que le fond de carte.

Carte 30 :
Zones de la carte 5
1 – Fond de carte
2 – Partie centrale
3 – Légende et titre
Source : PFE 2008/2009

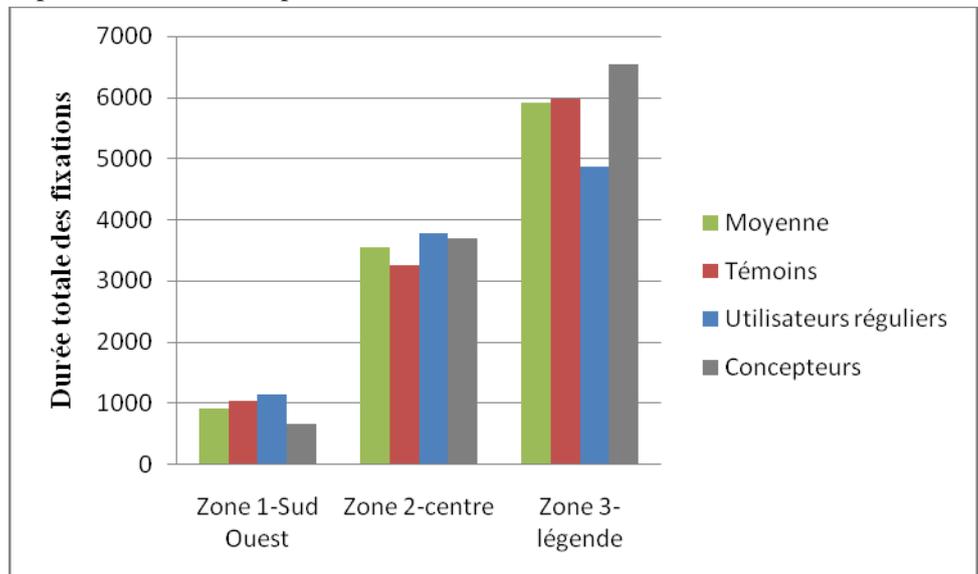


Document 64 :
Nombre de fixations
par zone de la carte 5
Source : PFE 2008/2009



Pour le groupe des témoins, la zone 1 occupe plus d'un quart des fixations accordées à la carte (4/16, soit 27 %). Cette proportion est un peu moindre pour la catégorie des concepteurs, mais reste importante.

Document 65 :
Durée totale des
fixations par zone de
la carte 5
Source : PFE 2008/2009

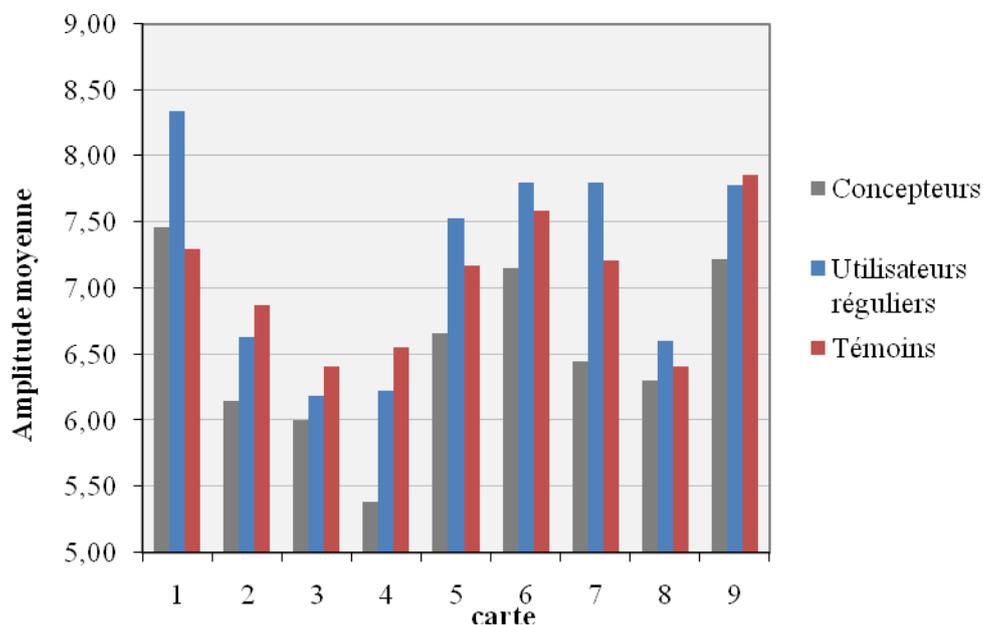


Lorsque l'on s'intéresse à la durée des fixations accordées à cette zone, on constate que les témoins accordent 24 % de la durée totale des fixations réalisées sur la zone graphique de la carte (zones 1 et 2), tandis que pour les concepteurs, cette valeur est de 15 %. Tous les sujets sont donc attirés par la zone 1 et y réalisent un nombre conséquent de fixations, compte tenu de l'absence d'information concernant le bruit à cet endroit. Cependant, les durées totales de fixations des concepteurs sont inférieures aux autres, illustrant certainement le fait qu'ils ont plus rapidement conscience de l'inutilité relative

de cette zone. Il semblerait donc que pour gagner en efficacité, la zone 1 serait à simplifier de la carte, ou que son attraction visuelle soit réduite en jouant sur les contrastes notamment comme le suggère certains les travaux d'Élisabeth Chesneau¹⁰³.

4. Distance inter élément

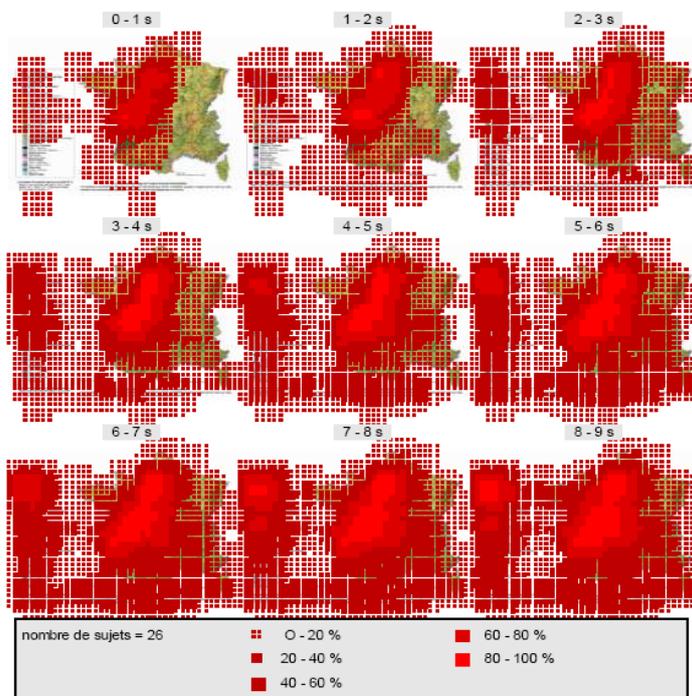
Document 66 :
Amplitude moyenne
des saccades par carte
et par groupe
Source : PFE 2008/2009



La carte 1 semble générer des amplitudes de saccades plus grandes que la carte 4, quel que soit le groupe observé.

Pour tenter d'expliquer ce phénomène, on peut observer les résultats issus de l'analyse dynamique pour ces mêmes cartes.

Document 67 :
Analyse dynamique
des mouvements
oculaires de la carte 1
Source : PFE 2008/2009

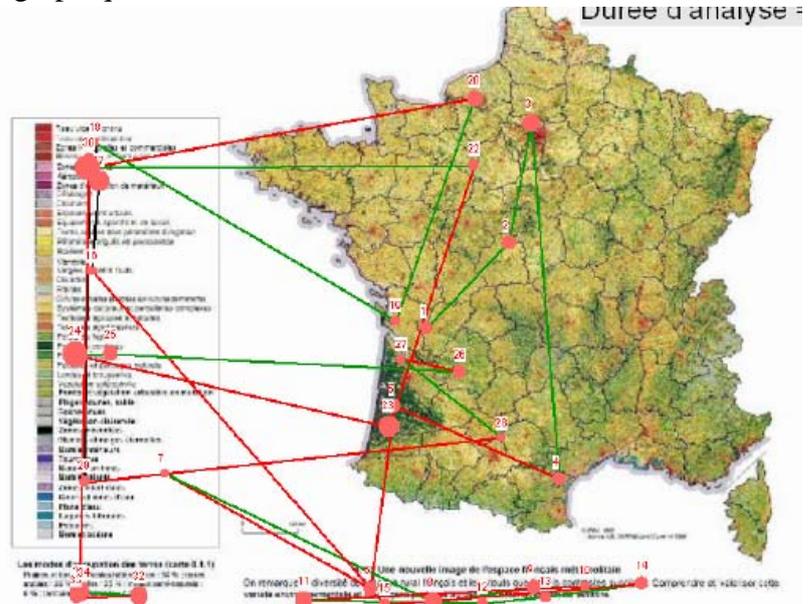


Sur la carte 1, ces amplitudes sont dues :

103 BIGNARD A., (2008), « Cartographie du risque d'inondation : perception et aide à la décision en aménagement », mémoire du Projet de Fin d'Études, sous la direction de K. Serrhini, Département Génie de l'Aménagement, École Polytech'Tours, 139 pages.

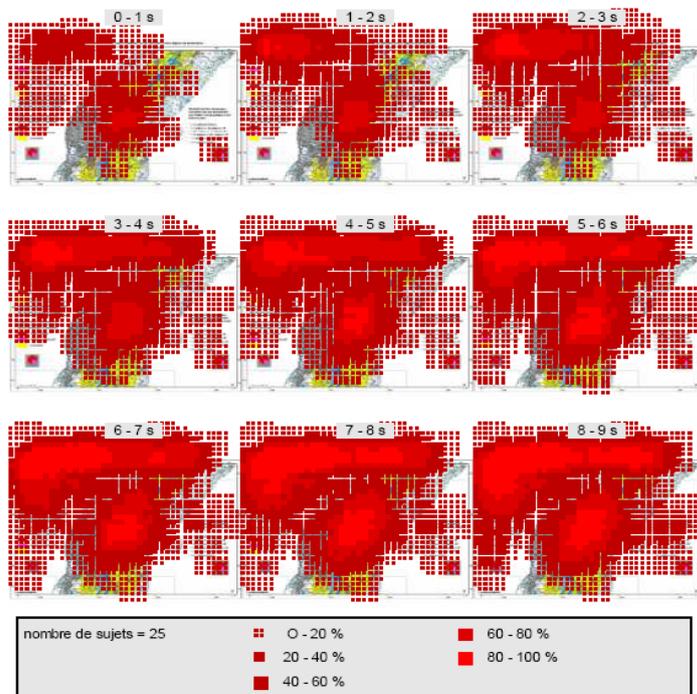
- À l'éloignement entre la légende et la zone graphique. Ceci génère une « zone blanche » entre les deux éléments.
- À la dispersion de la lecture due au trop nombre d'aplats de couleurs, à l'absence d'éléments marquants dans la zone graphique, etc.
- La difficulté de lecture de la légende entraîne de fréquents allers-retours entre carte et légende. L'illustration ci-dessous montre un exemple de personne du groupe « utilisateur régulier » présentant de nombreux allers-retours et des saccades de grandes amplitudes sur la zone graphique.

Carte 31 :
Analyse spatiale des
mouvements oculaires
de la carte 1
Source : PFE 2008/2009



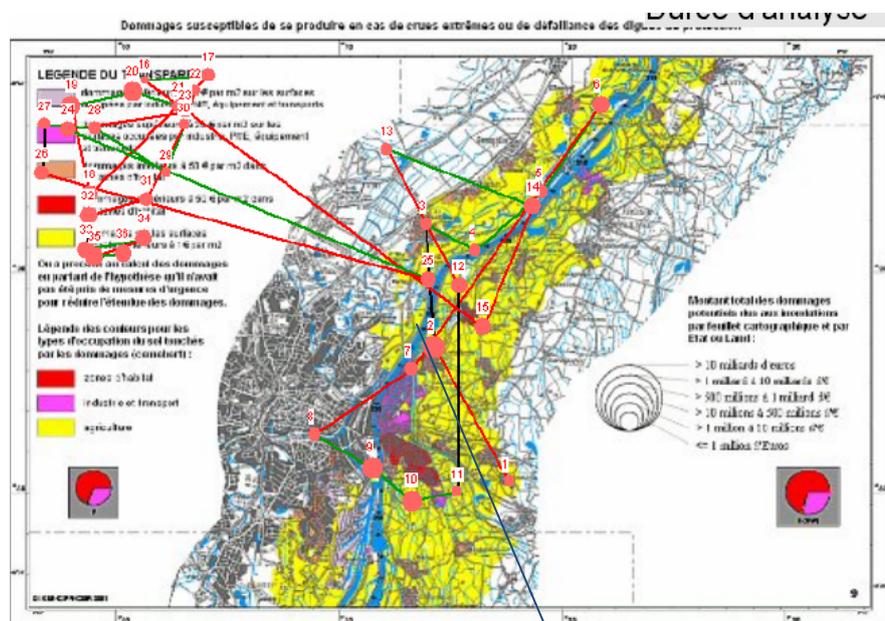
Sur la carte 4, les faibles amplitudes pourraient au contraire s'expliquer par la proximité relative des éléments principaux entre eux, comme en témoigne l'analyse dynamique ci-dessous.

Document 68 :
Analyse dynamique
des mouvements
oculaires de la carte 4
Source : PFE 2008/2009



Carte 32 :
Analyse spatiale des
mouvements oculaires
de la carte 4

Source : PFE 2008/2009



On observe que lorsque l'espace entre légende et la zone graphique est réduite, les mouvements de saccades sont de faible amplitude

Chapitre 3 : Recommandations en matière de cartographie

Le but de ce Projet de Fin d'Études est d'établir une liste non exhaustive de recommandations à mettre parallèle avec les règles de sémiologie graphique classique. Le travail effectué grâce à l'approche de la sémiologie graphique expérimentale permet de mettre en évidence certains éléments susceptibles de servir de base à l'amélioration de cartes de risque afin qu'elles deviennent plus efficaces. Il n'est bien entendu pas question de renier les règles de la sémiologie Bertinienne mais d'aider les cartographes à élaborer des documents graphiques mieux adaptés aux différents types de destinataires (habitants, élus, techniciens, etc.)

Si l'étude avec le vidéo-oculographe a permis de dégager le plus de recommandations pour l'ensemble des trois catégories de personnes, c'est l'enquête cognitive qui a dégagé des spécificités par types de destinataire. Afin d'élaborer ce chapitre 3, nous avons croisé les résultats de l'étude (vidéo-oculographe et enquête cognitive) avec le diagnostic établi dans la partie 2, sur la sémiologie graphique classique issue de la réglementation.

1. Recommandations générales

Il est possible de dégager des principes généraux, valables quelque soit le destinataire :

- Notre étude permet de confirmer certains résultats issus du Projet de Fin d'Études d'Aude Bignard. Le premier d'entre eux est la stratégie de lecture d'une carte qui commence toujours au centre, où figurent les informations principales ; puis l'œil cherche le titre, se dirige vers la légende et enfin revient sur la zone graphique pour essayer d'approfondir la compréhension de la carte. C'est à cette étape seulement que des informations complémentaires peuvent être comprises.
- Les zones de texte sont particulièrement attractives, il faut donc les traiter avec une attention particulière. Cela est bien certainement dû à notre culture commune, basée sur la lecture.
 - Le titre est l'élément que l'utilisateur recherche lors des premières secondes de lecture. Afin que celui-ci soit accessible facilement, il est préférable de le placer en haut de la feuille avec une police de grande taille.
 - La légende, élément non moins important, a plus de chances d'être lue lorsqu'elle se situe à droite de la zone graphique. Il est possible d'expliquer cela par le fait que dans la civilisation judéo-chrétienne, la lecture se fait de gauche à droite. Les éléments de texte contenus dans la légende doivent réellement permettre d'expliquer la signification des couleurs. Il n'est alors pas question de mettre « zone rouge ou bleue » mais au contraire d'expliquer de manière concise la réglementation en vigueur sur la dite zone.
 - Les éléments de texte contenus dans la zone graphique doivent être en nombre relativement restreint et apporter de l'information (sur la localisation notamment). La police de ces textes ne doit jamais dépasser celle du titre. Une certaine hiérarchisation doit être établie afin de ne pas perturber la stratégie visuelle de l'observateur.
- Les couleurs ont également un rôle non négligeable à jouer dans le phénomène d'attraction de l'œil.

- En ce qui concerne la légende, cette dernière doit être constituée d'un nombre relativement réduit d'informations, la discrétisation doit se faire avec un nombre de classes peu important. Il faut donc que tous les figurés qui ne sont pas présents sur la zone graphique soient supprimés. Les couleurs vives sont à privilégier car les couleurs pastel fixent moins le regard. Ces dernières peuvent donc éventuellement être utilisées pour représenter les informations secondaires. Le nombre de figurés hachurés est à réduire au maximum. En effet, des hachures verticales, horizontales et obliques peuvent se confondre et nuire à la bonne lecture de la carte. Enfin, les couleurs utilisées pour représenter un phénomène doivent être le plus possible en lien avec leurs valeurs symboliques. Le bleu pour représenter l'eau semble adapté mais en ce qui concerne la matérialisation du risque, le rouge tend à être préféré.
 - La hiérarchisation de la légende est extrêmement importante. Il apparaît qu'une carte qui suit une organisation hiérarchique des couleurs en fonction de l'importance des phénomènes représentés est plus lisible. De même, selon les préceptes de Colette Covin, quand il s'agit de représenter avec la couleur un caractère ordonné, une carte correcte devrait utiliser un dégradé dans une seule couleur classée dans le bon ordre.
 - L'œil a tendance à suivre un axe d'autant plus lorsque celui-ci est matérialisé par des couleurs vives. Afin de permettre une bonne lecture, il est préférable de placer les éléments principaux en diagonale. Les informations importantes se retrouveront ainsi au centre de la zone graphique. Les bords de la carte n'attirent que très peu l'œil, il est donc dommageable d'y faire apparaître des informations de premier ordre.
 - Le fond de carte doit faire l'objet d'un traitement approprié. Afin d'améliorer la lisibilité, ce dernier doit être de couleur claire pour permettre d'améliorer les contrastes entre fond et figurés (couleurs vives). Seuls les éléments permettant de se repérer spatialement doivent être conservés (courbes de niveau, etc. ne sont pas toujours utiles).
- Le dernier point valable pour l'ensemble des groupes d'utilisateurs est lié à la disposition des éléments entre eux. Le cartographe devra au maximum s'efforcer de rapprocher la légende et le titre de la zone graphique. En limitant les zones vides, les mouvements visuels seront plus courts et le lecteur sera moins « perdu » dans la carte.

2. Une carte pour chaque destinataire

• Attentes des témoins en termes de cartographie

	carte 1	carte 2	carte 3	carte 4	carte 5	carte 6	carte 7	carte 8	carte 9
Bois				Trop fouillie		complexe	légende assez dense		
Huet								Plus rapidement analysable	
Le Halper	Légende très dense							La plus lisible	La plus claire
Lepère						beaucoup de texte		Perception rapide carte peu chargée permet une analyse simple Légende bien présentée en colonnes bien distinctes	Perception rapide des zones exposées, Légende d'un seul côté bien ordonnée
Mioland								Abréviation dure à comprendre	Plus simple
Robin								Pas compris	Bonne lecture de carte

Document 69 :

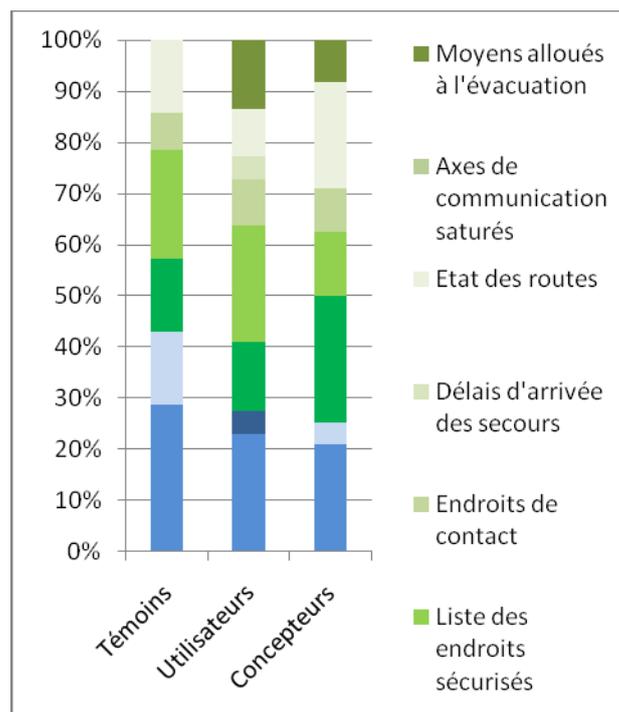
Remarque faite sur les différentes cartes testées par les témoins lors de l'expérimentation

Source : PFE 2008/2009

- Les témoins recherchent des cartes faciles à lire ce qui signifie qu'elles soient synthétiques avec un nombre d'informations relativement réduit. L'analyse rapide est donc un critère extrêmement important.
- La légende doit être en un seul bloc et bien ordonnée. La présentation en colonne est à préférer.
- Le titre et les zones de textes doivent être bien lisibles et écrits en toutes lettres (ne pas mettre d'abréviations).

Document 70 :
Résultats de l'enquête cognitive concernant les attentes d'une carte en matière de risque d'inondation

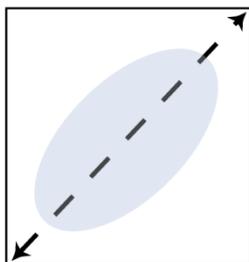
Source : PFE 2008/2009



Il ressort de l'analyse de la question sur les besoins des sujets posée dans l'enquête cognitive que les trois groupes n'ont pas les mêmes attentes. Sur le graphique ci-dessus, les éléments représentés en bleu sont ceux concernant les vulnérabilités des lieux de vie quotidienne. Ceux en vert sont des paramètres utiles en cas d'inondation. La représentation des premiers sur une carte exige donc une grande échelle afin de les localiser précisément tandis que les seconds demandent une échelle plus petite pour être représentés et appréhendés correctement.

- Il faut donc également une grande échelle pour les témoins, ceci afin permettre d'observer le phénomène de très près voire même d'apercevoir si oui ou non le phénomène peut affecter un lieu connu (Cumul des réponses concernant la première partie du QCM = 42 %, soit un chiffre supérieur aux deux autres catégories de destinataires).

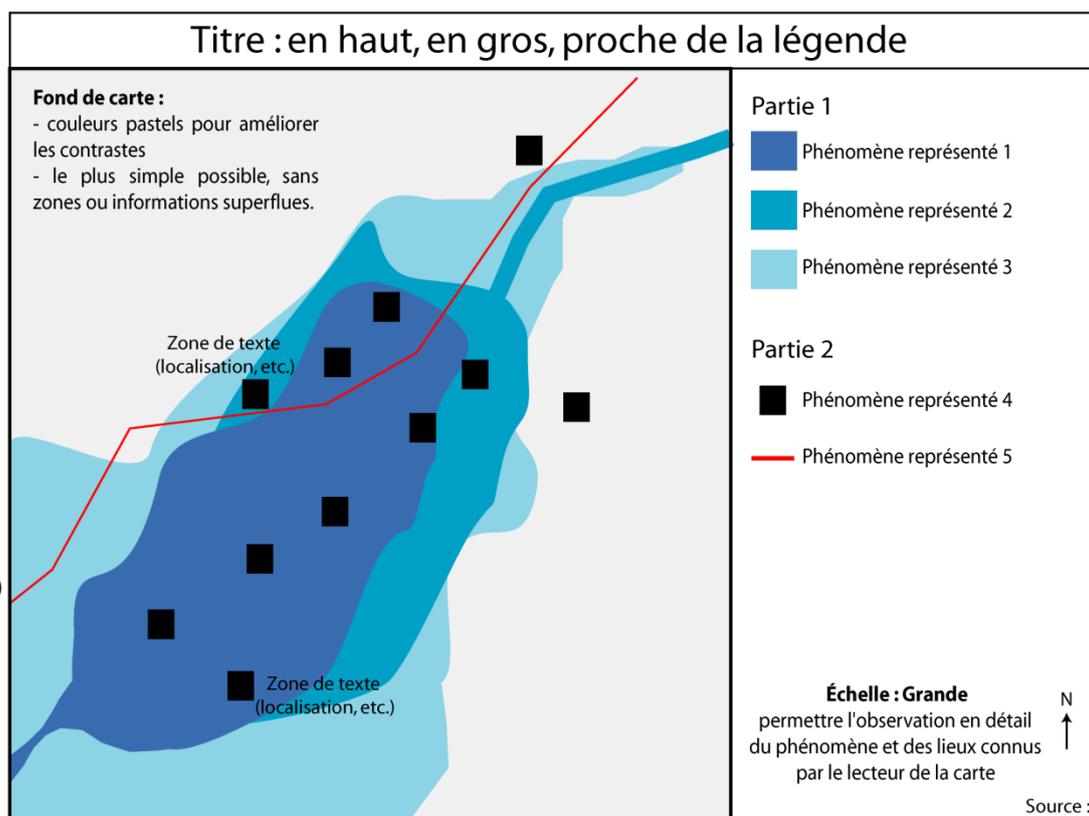
Informations principales situées sur un axe majeur



Les informations importantes doivent figurer au centre de la zone graphique.

Légende :

- Présentation de la légende en colonne (hiérarchisation de la légende)
- Nombre relativement réduit d'informations (couleur classée dans le bon ordre)
- Les couleurs vives sont à privilégier
- Utiliser les valeurs symboliques des couleurs
- Expliquer le figuré de couleur de manière explicite



Carte 33 :
Synthèse des recommandations pour réaliser une carte destinée aux personnes non initiées à la thématique « risque »

Source : PFE 2008/2009

Les concepteurs recherchent des cartes

Buguellou	Peut-être trop d'exhaustivité		Compréhension difficile en peu de temps	Trop dense. Impossible de la comprendre en peu de temps				Elle se focalise sur l'essentiel (niveau de risque et localisation)	Beaucoup plus simple, compréhension facilitée
Cappelle				Beaucoup de jaune		Incompréhension du titre			Légende claire et précise en concordance avec la cartographie, couleurs indicatives
Guimas	légende très complexe	Aucune zone ne ressort nettement	pas très clair sur l'information essentielle représentée	Esthétique agréable	Intérêt en termes d'aide à la décision	Légende intuitive mais compliquée	Il faut du temps pour comprendre une telle carte	Légende plus courte et explicite	Simple mais efficace
Petit				Intéressant pour élus car données économiques (nerf de la guerre), offre beaucoup de précision		Très opérationnel car le bâti apparait	Opérationnel, représente l'ensemble des risques en une seule carte	Lecture facile	Trop généraliste manque de précision
Poisson	Légende trop longue, titre mal placé, trop de texte	Trop d'information, pas assez de contrastes	Trop d'informations, + superposition d'informations	Choix des couleurs intéressant, lecture rapide	Légende mal placée, titre trop petit, couleurs peu adaptées	Bonne lecture, légende intéressante, bon choix de couleurs	Lecture difficile, mauvais choix de couleurs, légende trop longue, trop d'informations	Titre mal placé mais carte facile à lire	Bonne cartographie, lecture facile et rapide, bon choix de couleurs
Salaun			je ne la comprends pas	Attiré par le titre de la légende avant le titre général (car trop long)	Manque de précision	Mal cadrée, zone d'intérêt excentrée	Légende couleurs unies ok, légende hachures trop complexes	Titre en bas pas évident	claire et précise
Toulat	Informations trop denses, légende trop longue			Le titre est clair et la légende aussi	pas de légende claire	par manque d'habitude difficulté à lire la légende innovante	La légende semble plus riche que la carte, le fond ressort trop	Lecture du titre en bas difficile, le rouge empêche la lecture	carte très claire, les couleurs représentent bien le phénomène
Trouvé				Complète, précise		Légende difficile à comprendre, compréhension difficile	peu d'utilité à avoir une représentation de l'occupation des sols	efficace visuellement	Simple et efficace
Voyer	trop de classes, difficile d'avoir une échelle plus petite que la France	Les figurés ponctuels ne ressortent pas assez = amélioration des contrastes		Complète	carte esthétique mais trop grande échelle	difficile à lire	trop d'informations sur cette carte, les hachures sont illisibles	l'effet "buffer" est parlant	les figurés ponctuels sont trop petits

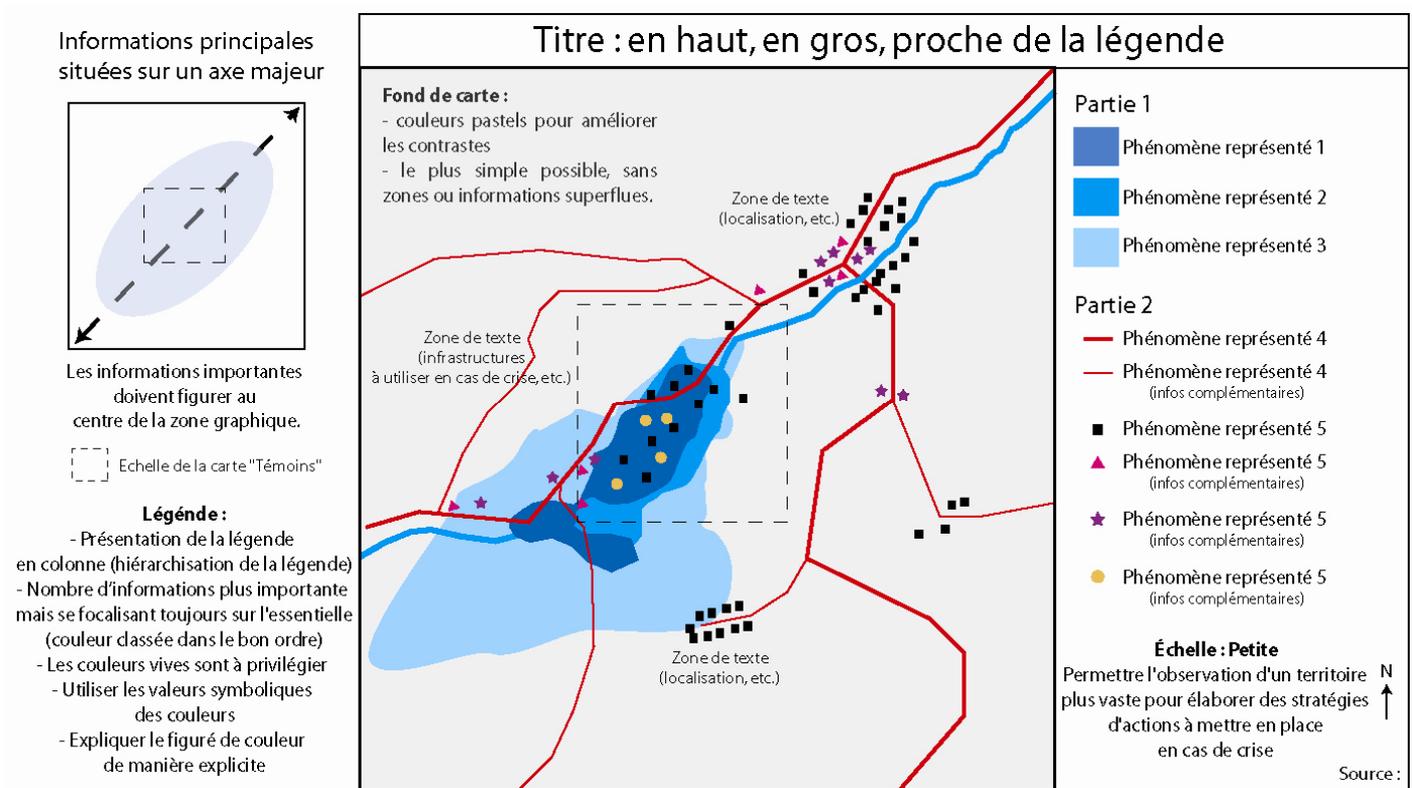
Document 71 :

Remarque faites sur les différentes cartes testées par les concepteurs lors de l'expérimentation

Source : PFE 2008/2009

- Les concepteurs recherchent des cartes ayant pour but de mettre en place des actions (opérationnelles). Les cartes complexes, de part leurs habitudes de

lecture, ne sont pas toujours considérées comme inintéressantes. Au contraire, on remarque une tendance à désapprouver les cartes trop synthétiques.



Carte 34 :
Synthèse des recommandations pour réaliser une carte destinée aux personnes spécialistes de la thématique « risque »

Source : PFE 2008/2009

Les utilisateurs réguliers un mélange des deux attentes

	carte 1	carte 2	carte 3	carte 4	carte 5	carte 6	carte 7	carte 8	carte 9
Baptiste				Échelle pertinente pour appréhender le risque d'inondation			Rien compris	Informations quantifiées	
Bouchad	Rien compris, beaucoup trop dense		Rien compris	Trop d'info, tue l'info	Nécessite un plan de situation pour localiser	textes lisibles et compréhensibles	Aménagement du territoire global, permet la prise de conscience du risque = outil de réflexions	Bien retenu la présence des habitations et des zones à risque = important pour gestion des risques	Connaissance globale, facile à mémoriser
Cavelier					Seule la moitié droite est utile	Pas grand-chose de compris		Même figurés pour 2 informations	Bonne carte, nombre d'informations réduit et carte synthétique
Chaumet			Légende écrite petite		Assez claire = facilement utilisable politiquement	Légende peu compréhensible			
Munier	Légende petite, texte petit, trop d'informations	carte assez claire	Message pas clair, trop d'informations Le titre est lisible	Titre peu lisible	Titre trop petit, les couleurs sont trop proches	Difficulté de localisation	Bonne échelle d'étude pour étudier le risque d'inondation	légende partiellement compréhensible	Très clair, lisible légende précise

Document 72 :

Remarque faites sur les différentes cartes testées par les utilisateurs réguliers lors de l'expérimentation

Source : PFE 2008/2009

- Les utilisateurs réguliers, de part leurs comportements face aux cartes et de part l'hétérogénéité relative de ce groupe dans notre échantillon, se révèlent avoir des besoins mêlant ceux des concepteurs et des témoins.

CONCLUSION GENERALE :

VALIDATION ET CRITIQUES DE LA METHODE

Ce Projet de Fin d'Études, basée sur une approche de Sémiologie graphique Expérimentale, a permis d'établir une liste de recommandations afin d'améliorer l'efficacité des cartes de risques. Cependant, ces résultats doivent être remis dans une perspective de recherche et en ce sens il est possible d'émettre certaines remarques concernant la méthode utilisée. Concevoir de nouvelles cartes plus adaptées aux différents destinataires apparaît comme essentiel, d'autant plus que l'Europe en a fait une de ces priorités. La prise en compte des besoins de chacun est nécessaire. L'utilisation du vidéo-oculographe, utilisé jusqu'alors dans la médecine et la publicité, semble alors prendre tout son sens du fait qu'il permet d'étudier les stratégies visuelles des personnes testées. Bien que cette méthode donne des résultats chiffrés relativement fiables, elle ne peut se suffire à elle-même car elle ne prend pas en compte les aspects liés à la sensibilité de chacun vis-à-vis des cartes. Il est donc indispensable de mettre en place, en parallèle, une enquête cognitive.

Le croisement de ces deux méthodes a permis de dégager des pistes de réflexion intéressantes en terme de cartographie qui mériteraient d'être confirmées. En ce sens, il convient de faire ressortir certains éléments à améliorer en termes de méthode :

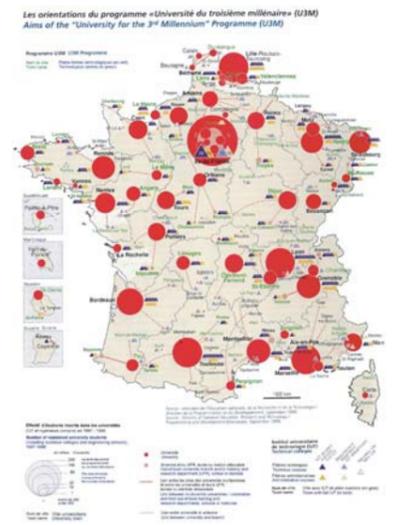
- La taille de l'échantillon semble un peu restreinte (25 personnes) pour pouvoir en tirer des conclusions généralisables. Ce chiffre s'explique par le fait que les créneaux de disponibilité de la machine sont limités mais également aux planning serrés des techniciens et élus. La statistique des petits nombres permet toutefois de tirer des conclusions enrichissantes.
- Si le nombre de personnes testées joue un rôle, la représentativité de l'échantillon n'en est pas moins critiquable. En effet, nous avons essayé de mettre en place une méthode de discrétisation pour ventiler les personnes en fonction de leurs connaissances des cartes, mais les résultats des analyses spatiales ont fait ressortir des erreurs de classement de certaines personnes. Si les groupes « témoins » et « concepteurs » sont bien distincts, le groupe « utilisateurs réguliers » n'était pas homogène. De fait, les résultats de cette classe ont été relativement composites rendant la comparaison avec les autres groupes difficile, voire impossible. Pour cette raison, il ne nous a pas été possible d'établir finement une liste de recommandations applicable aux « utilisateurs réguliers ».
- La définition des zones d'intérêt est pour le moment basée sur une méthode empirique et souffre de quelques approximations.
- L'étude des analyses spatiales, dynamiques et zonales est chronophage et mériterait d'être automatisée.

Au-delà des difficultés rencontrées, ce travail de recherche m'a permis de consolider considérablement mes connaissances en matière de cartographie et de sémiologie. J'ai également particulièrement apprécié que cette étude ne soit pas uniquement à but universitaire mais ai une résonance opérationnelle forte auprès des techniciens qui ont participé à l'expérimentation. J'y vois là, la preuve que l'amélioration des cartes est un chemin d'avenir auquel il est important de s'y intéresser dès à présent.

Carte 1 (S1C1)



Carte 2 (S1C2)

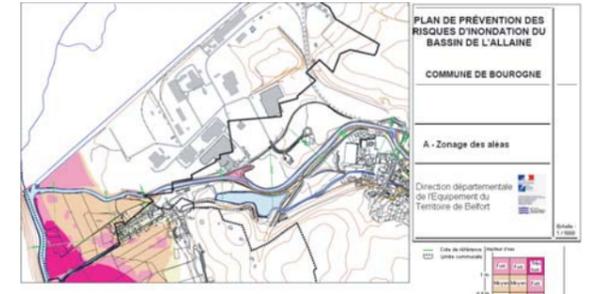
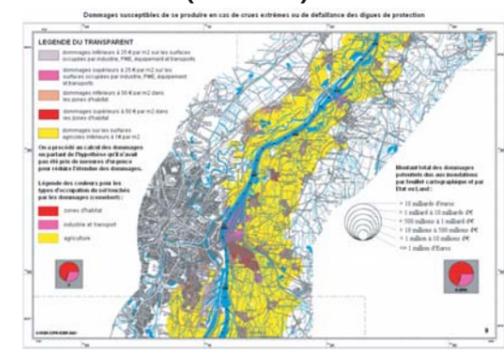


Carte 3 (S1C3)

Carte 5 (S2C2)

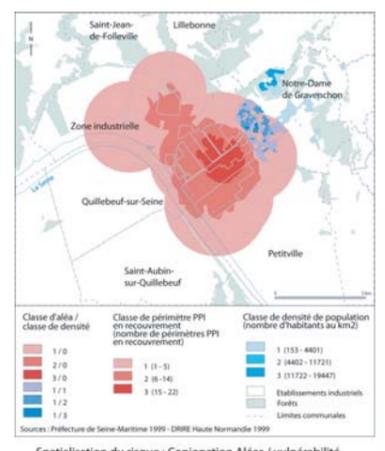
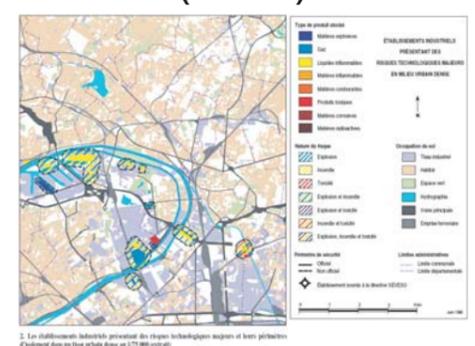


Carte 4 (S2C1)



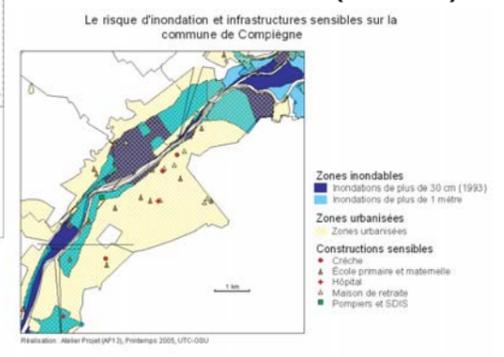
Carte 6 (S2C3)

Carte 7 (S3C1)



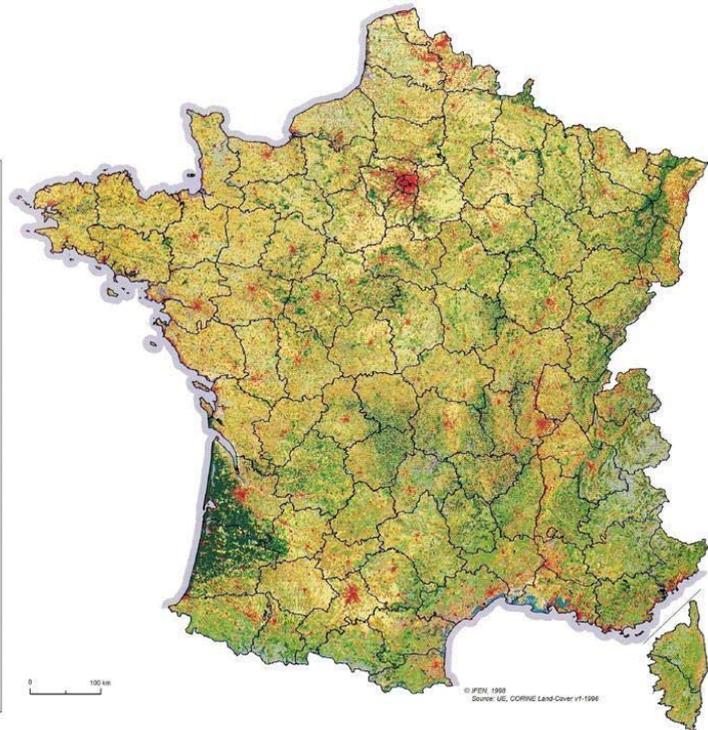
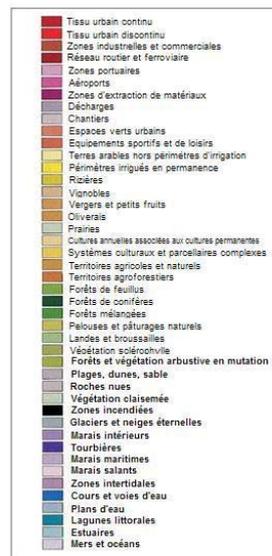
Carte 8 (S3C2)

Carte 9 (S3C3)



Annexes n° 1 : Les cartes testées

Carte 1 (S1C1) :
**Une nouvelle image de
 l'espace français métropolitain**
 Source : IFEN

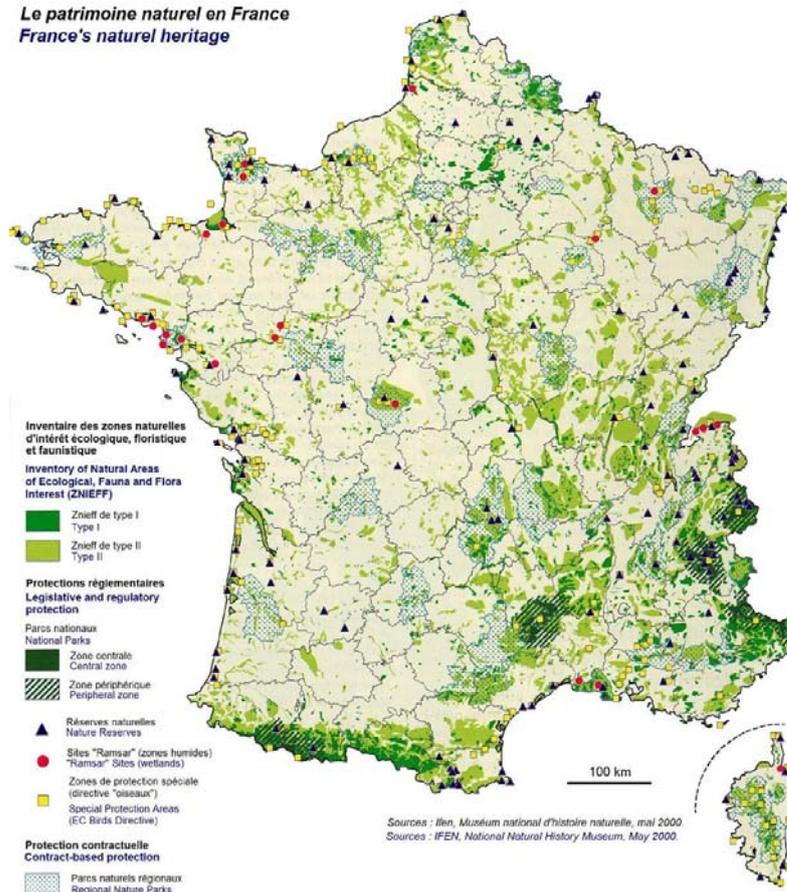


Les modes d'occupation des terres (carte 8.1.1)
 Prairies et terres agricoles hétérogènes : 34 % ; terres arables : 26 % ; forêts : 25 % ; milieux semi-naturels : 8 % ; territoires artificialisés : 4 %.

8.1.1 Une nouvelle image de l'espace français métropolitain
 On remarque la diversité de l'espace rural français et les atouts que de tels contrastes suscitent. Comprendre et valoriser cette variété environnementale et paysagère participe au défi de l'aménagement du territoire.

Carte 2 (S1C2) :
**Le patrimoine naturel en
 France**
 Source : IFEN

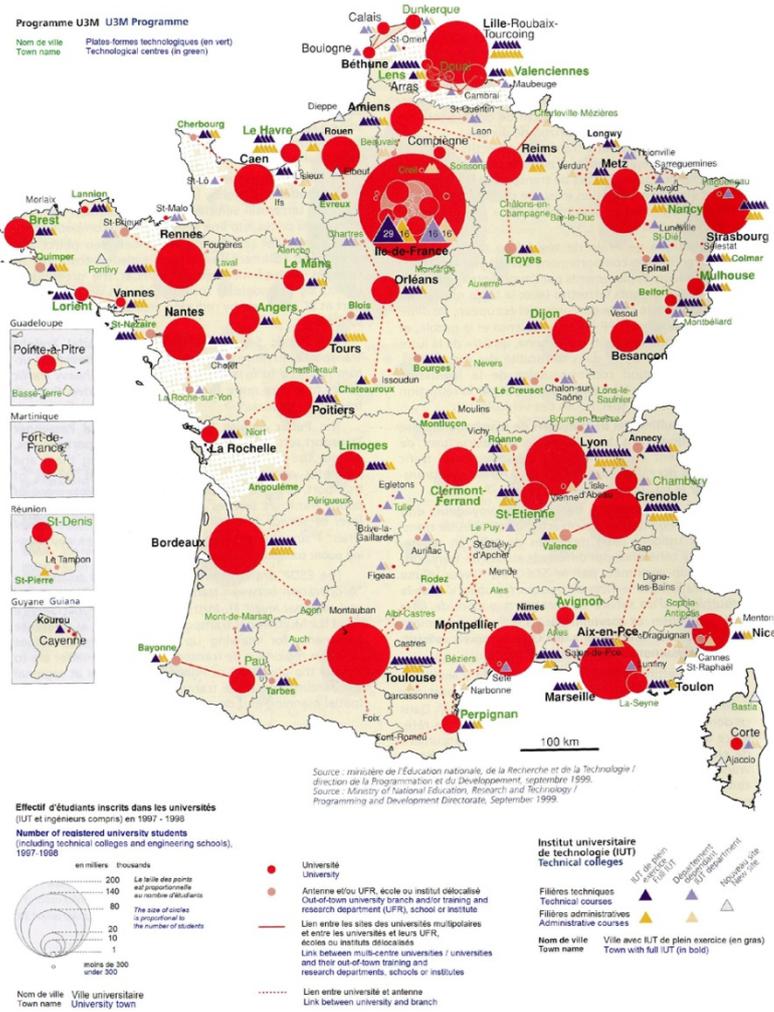
Le patrimoine naturel en France France's natural heritage



Les orientations du programme « Université du troisième millénaire » (U3M)
Aims of the "University for the 3rd Millennium" Programme (U3M)

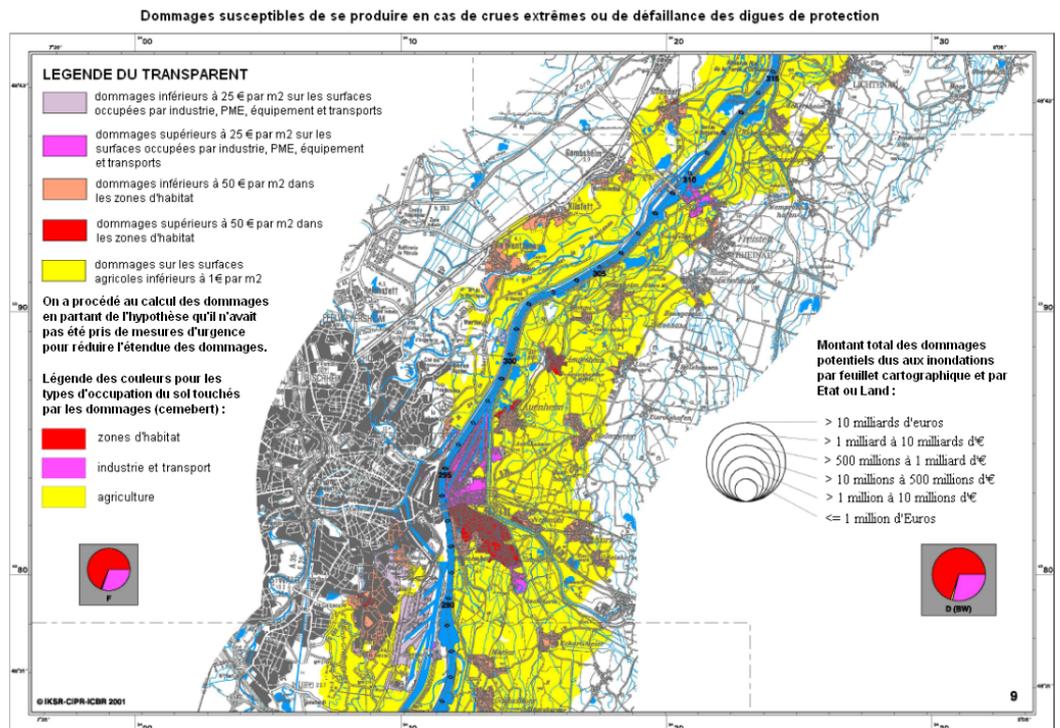
Carte 3 (S1C3) :
Les orientations du programme
« université du troisième
millénaire »

Source : Ministère de l'Éducation nationale, de la recherche et de la technologie

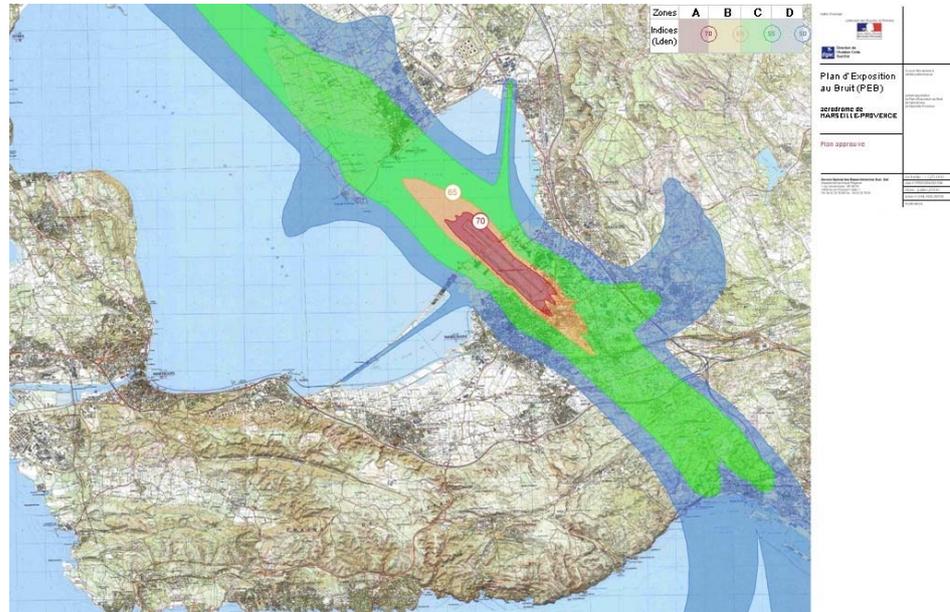


Carte 4 (S2C1) :
Domages susceptibles de se
produire en cas de crue
extrême ou de défaillance des
digues de protection

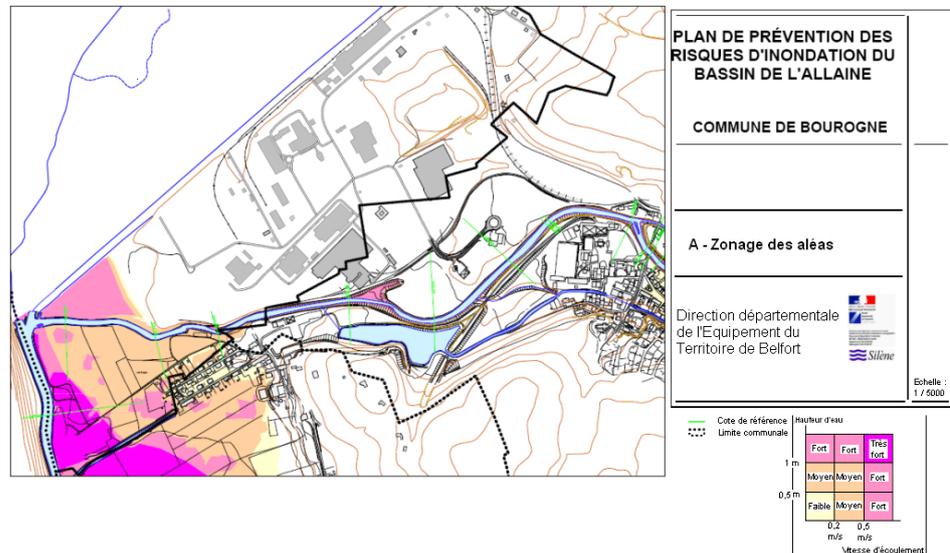
Source : IKSR-CIPR-ICBR
 modifications Kamal Serrhini



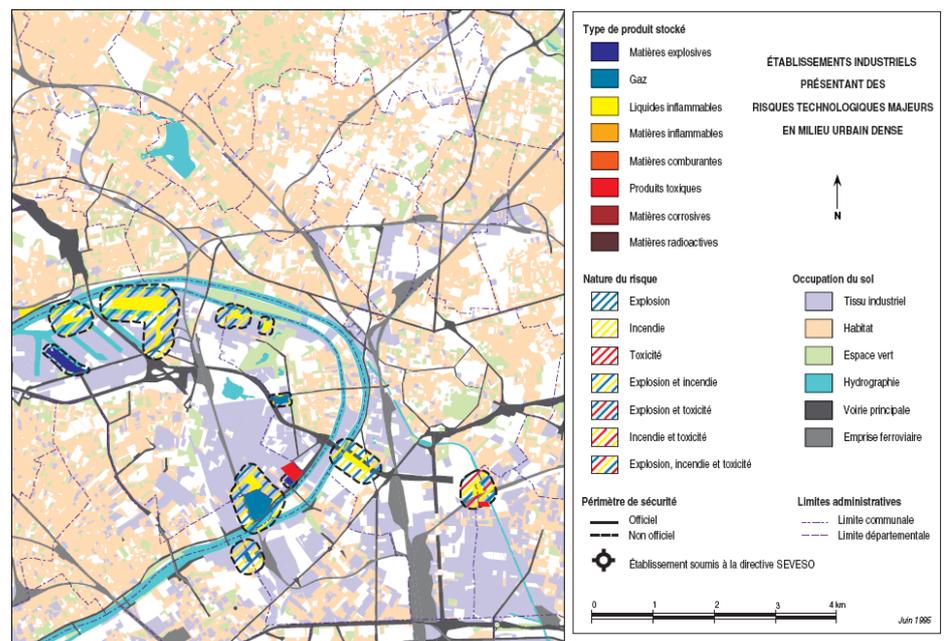
Carte 5 (S2C2) :
Plan d'Exposition aux bruits
 Source : Services de l'État
 (Marseille-Provence)



Carte 6 (S2C3) :
Plan de prévention des risques d'inondation du bassin de l'Allaine
 Source : DDE du Territoire de Belfort

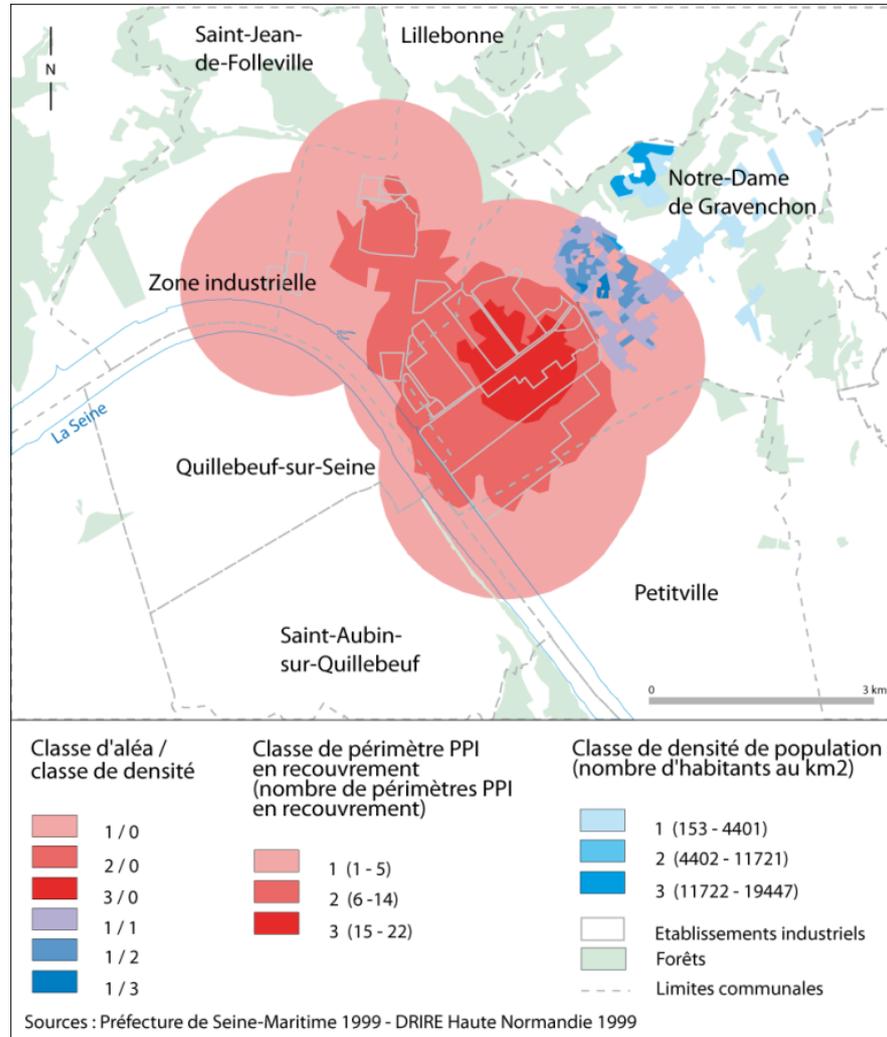


Carte 7 (S3C1) :
Les établissements industriels présentant des risques technologiques majeurs et leur périmètre d'isolement dans un tissu urbain dense
 Source :



2. Les établissements industriels présentant des risques technologiques majeurs et leurs périmètres d'isolement dans un tissu urbain dense au 1/75 000 (extrait)

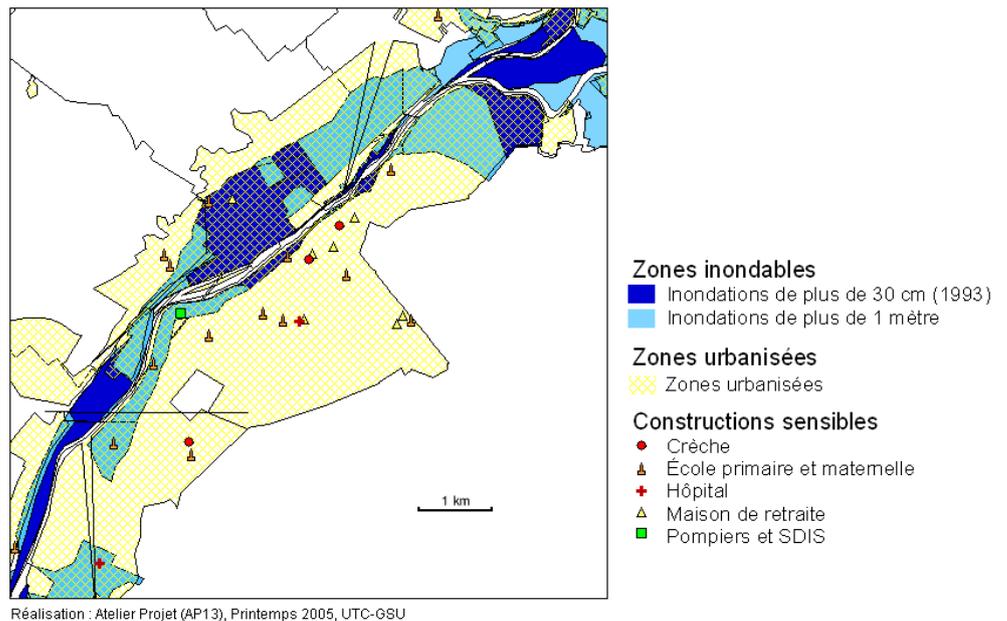
Carte 8 (S3C2) :
Spatialisation du risque :
Conjonction
Aléas/Vulnérabilité
 Source : Préfecture de Seine
 Maritime, DDRE Haute-Normandie



Spatialisation du risque : Conjonction Aléas / vulnérabilité

Le risque d'inondation et infrastructures sensibles sur la commune de Compiègne

Carte 9 (S3C3) :
Le risque d'inondation et
d'infrastructures sensibles sur
la commune de Compiègne
 Source : Atelier Projet (AP13) UTC



Annexes n° 2 : Le questionnaire



ENQUETE COGNITIVE



ANALYSE EXPLORATOIRE DE LA PERCEPTION VISUELLE DE CARTES ENVIRONNEMENTALES

I. Etat civil

Sexe : féminin masculin
Tranche d'âge : 20-30 ans 30-40 ans 40-50 ans 50-60 ans

Quel est votre niveau d'études le plus élevé ? Dans quel établissement scolaire l'avez-vous obtenu ?

Activité : Chercheur ou enseignant
 Étudiant
 Autre :

II. Utilisation des cartes

II.1) À quelle fréquence utilisez-vous des cartes dans votre activité professionnelle ?

moins d'une fois par an	une fois par an	une fois par mois	une fois par semaine	plus d'une fois par semaine
-------------------------	-----------------	-------------------	----------------------	-----------------------------

II.2) Les cartes que vous utilisez dans votre profession sont :

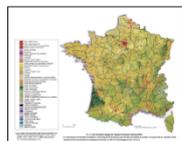
- Généralement réalisées par vous
- Généralement réalisées par votre équipe ou service
- Généralement réalisées par des unités externes
- Seulement issues de sources externes
- Autre :

II.3) Dans votre profession, les cartes sont principalement :

- Une illustration
- Un outil de recherche
- Un outil pour la décision
- Autre :

II.4) Qu'attendez-vous d'une carte traitant des inondations ?

Pour chacune des neuf cartes, répondez aux questions suivantes :



COMPLEXE

Facile Difficile

DENSE EN INFORMATIONS

Faible Fort

INNOVANTE

Faible Fort

ESTHETIQUE

Faible Fort

POLITIQUEMENT UTILE

Faible Fort

Qu'avez vous compris du message de la carte ?

Autres commentaires ?

S1C1



COMPLEXE

Facile Difficile

DENSE EN INFORMATIONS

Faible Fort

INNOVANTE

Faible Fort

ESTHETIQUE

Faible Fort

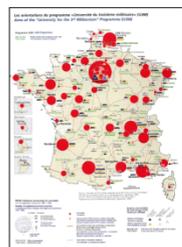
POLITIQUEMENT UTILE

Faible Fort

Qu'avez vous compris du message de la carte ?

Autres commentaires ?

S1C2



COMPLEXE

Facile Difficile

DENSE EN INFORMATIONS

Faible Fort

INNOVANTE

Faible Fort

ESTHETIQUE

Faible Fort

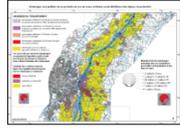
POLITIQUEMENT UTILE

Faible Fort

Qu'avez vous compris du message de la carte ?

Autres commentaires ?

S1C3



COMPLEXE

Difficile

--	--	--	--	--	--	--	--

DENSE EN INFORMATIONS

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

INNOVANTE

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

ESTHETIQUE

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

POLITIQUEMENT UTILE

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

Qu'avez vous compris du message de la carte ?

Autres commentaires ?

S2C1



COMPLEXE

Difficile

--	--	--	--	--	--	--	--

DENSE EN INFORMATIONS

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

INNOVANTE

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

ESTHETIQUE

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

POLITIQUEMENT UTILE

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

Qu'avez vous compris du message de la carte ?

Autres commentaires ?

S2C2



COMPLEXE

Difficile

--	--	--	--	--	--	--	--

DENSE EN INFORMATIONS

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

INNOVANTE

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

ESTHETIQUE

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

POLITIQUEMENT UTILE

Faible Fort

--	--	--	--	--	--	--	--

Qu'avez vous compris du message de la carte ?

Autres commentaires ?

S2C3



COMPLEXE

Facile Difficile

DENSE EN INFORMATIONS

Faible Fort

INNOVANTE

Faible Fort

ESTHETIQUE

Faible Fort

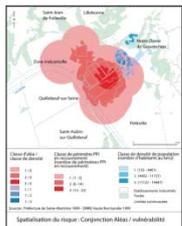
POLITIQUEMENT UTILE

Faible Fort

Qu'avez vous compris du message de la carte ?

Autres commentaires ?

S3C1



COMPLEXE

Facile Difficile

DENSE EN INFORMATIONS

Faible Fort

INNOVANTE

Faible Fort

ESTHETIQUE

Faible Fort

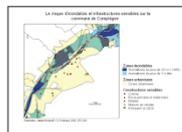
POLITIQUEMENT UTILE

Faible Fort

Qu'avez vous compris du message de la carte ?

Autres commentaires ?

S3C2



COMPLEXE

Facile Difficile

DENSE EN INFORMATIONS

Faible Fort

INNOVANTE

Faible Fort

ESTHETIQUE

Faible Fort

POLITIQUEMENT UTILE

Faible Fort

Qu'avez vous compris du message de la carte ?

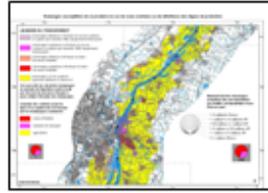
Autres commentaires ?

S3C3

IV. Comparaison entre cartes de même thématique

IV.1. Parmi les cartes représentant des risques d'inondation, laquelle préférez-vous ?

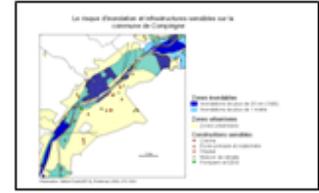
S2C1



S2C3



S3C3



Numéro :
 Pourquoi ?

.....

.....

.....

.....

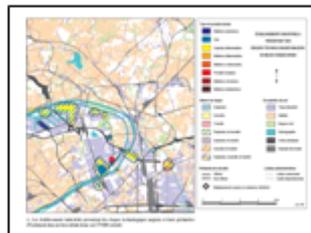
.....

.....

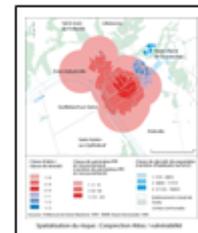
.....

IV.2. Parmi les cartes représentant des risques industriels, laquelle préférez-vous ?

S3C1



S3C2



Numéro :
 Pourquoi ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

V. Parmi les propositions suivantes, qu'attendez-vous le plus d'une carte du risque d'inondation ?

Être informé du risque :

- Pour mon logement
- Pour mon lieu de travail
- Pour le lieu de « garde » (école, crèche, ...) de mes enfants
- Autres :

Être informé pour évacuer de(s) :

- Délais d'arrivée de l'eau
- Liste des endroits sécurisés (non inondés)
- Endroits de contact (avec les secours, les forces de l'ordre, les réseaux de communication en fonctionnement)
- Délais d'arrivée des secours
- Les routes fréquemment
 - Coupées
 - Accessibles (non inondés)
- Axes de circulation saturés
- Moyens alloués à l'évacuation (trains, bus...)
- Autres :

Obtenir des informations précises sur :

- La fréquence des submersions (décennale, centennale...)
- L'étendue de l'inondation
- La hauteur de l'eau (1 m, 2 m...)
- L'historique des inondations antérieures
- La période de retour à la normale
- Autres :

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGENCE D'URBANISME DE LYON, (2000), « *Approche historique du risque. Mise en place d'un recensement sur les risques naturels et technologiques* », 2 volumes.
- AGENCE D'URBANISME DE LYON, (2005), « *Atlas des risques technologiques et de la vulnérabilité dans l'agglomération lyonnaise* », Sepal, 46 p.
- ANTOINE J.M., DESAILLY B., METAILIE J.P., (1994), « *Cartographie des risques naturels dans les Pyrénées et leur piedmont* », Mappemonde 4/94, 4 pages.
- ARMINES-CGI, (2002), « *Mouvements de terrain et risques hydrologiques associés et induits. Évaluation des méthodes et moyens de prévention et analyse des retours d'investissement. Information préventive* », Fondation MAIF, 290 pages.
- AUTRAN J., FREGIER M., PERLOFF M., (1998), « *SIG, graphique et projet urbain* », Mappemonde 1/98, 4 pages.
- BEGUIN M., PUMAIN D., (1994), « *La représentation des données géographiques* », Armand Colin, 192 pages.
- BERTIN J., (1977), « *La graphique et le traitement graphique de l'information* », Collection Nouvelle, Flammarion, 277 pages.
- BIGNARD A., (2008), « *Cartographie du risque d'inondation : perception et aide à la décision en aménagement* », mémoire du Projet de Fin d'Études, sous la direction de K. Serrhini, Département Génie de l'Aménagement, École Polytech'Tours, 139 pages.
- BRUNET R., (1986), « *La carte - modèle et les chorèmes* », Mappemonde, 4 pages.
- BRUNET M., WATELLE V., (2004), « *Sémiologie graphique : Traiter et représenter l'information quantitative* », Université d'Orléans, 3 pages.
- BULLETIN DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE APPLIQUEE AUX ACTIVITES DE RECHERCHE DEVELOPPEMENT, (2008), « *Initiation à la sémiologie graphique ou « Comment construire des cartes lisibles et efficaces » ?* », n°1 – avril, 8 pages.
- CALOZ R., SCHNEUWLY D., (2008), « *Perception de l'espace et modélisation* », consultable sur le site : <http://www.gitta.info>, 17 pages.
- CEMAGREF (2008), « *Évaluer les risques d'inondation* », 2 pages.
- CETE du Sud Ouest, (2006), « *Cartorisque* », Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD), Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (DPPR), 44 pages.
- CHESNEAU E., (2006), « *Pour une amélioration automatique des contrastes colorés en cartographie : application aux cartes de risque* », Résumé d'une thèse préparée à l'IGN et à l'Université de Marne-la-Vallée, 13 pages.
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, (2004), « *Communication de la commission au conseil, au parlement européen, au comité économique et social européen et au comité des régions - Gestion des risques liés aux inondations - Prévention, protection et mitigation des inondations* », site internet de la Communauté Européenne, 13 pages.
- COMITE FRANÇAIS DE CARTOGRAPHIE, (1988), « *Théorie de l'expression et de la représentation cartographiques* », Fascicule n°117-118, 89 pages.
- DAUPHINE A., (2001), « *Risques et catastrophes ; Observer – Spatialiser – Comprendre – Gérer* », Armand Colin, 287 pages.

- DDE Val de Marne, (2000), « *Plan de prévention du Risque d'inondation de la Marne et de la Seine dans le département du Val de Marne* », 25 pages.
- DIRECTION GENERALE DE LA PREVENTION DES RISQUES DU MEEDDAT, ETABLISSEMENT PUBLIC LOIRE, (2008), « *Quinze expériences de réduction de la vulnérabilité de l'habitat aux risques naturels - Les études de cas* », Imprimerie du Pont-de-Claix, 80 pages.
- EUROPEAN EXCHANGE CIRCLE ON FLOOD MAPPING, (2007), « *Handbook on good practices for flood mapping in Europe* », 198 pages.
- ERA-Net CRUE, (2008), « *La résilience des territoires face aux inondations – Gérer les conséquences des inondations* », consultable sur le site : <http://www.crue-eranet.net>, 16 pages.
- FINKEL A.M., « *Perceiving Others' Perceptions of Risk; Still a Task for Sisyphus* », Environmental and Occupational Health, UMDNJ School of Public Health, and Penn Program on Regulation, University of Pennsylvania Law School, 17 pages.
- FONTANABONA J., « *Langage cartographique et connaissances géographiques* », INRP, 6 pages.
- FRAISSE S. (2006), « *La géomatique nous aide-t-elle à faire de bonnes cartes et à mieux lire le territoire ?* », IETI Consultants, 7 pages.
- GARRY G., (1994), « *Évolution et rôle de la cartographie dans la gestion des zones inondables en France* », Mappemonde 4/94, 7 pages.
- GARRY G. (DGHUC), HUBERT T. (DPPR), BEROUUD L. (DPPR), SERRUS L. (DPPR), (1998), « *Plans de prévention des risques naturels (PPR) risques d'incendies de forêt - guide méthodologique* », Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Ministère de l'Équipement, des transports et du logement, 91 pages.
- HUBERT G., LEDOUX B., (1999), « *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations* », Presses Ponts et chaussées, 229 pages.
- KAGDI H., YUSUF S. MALETIC J.I., (2007), « *On Using Eye Tracking in Empirical Assessment of Software Visualizations* », Department of Computer Science, Kent State University, consultable sur le site : <http://www.cs.kent.edu>
- KERGOMARD C., (2006), « *Rapport UMS Riate : The spatial effects and management of natural and technological hazards in Europe* », Espon/Orate 1.3.1., 15 pages
- LEDOUX B., (1994), « *Les études de vulnérabilité dans la cartographie réglementaire des inondations à la Réunion : approche méthodologique, études de cas et réflexion sur leur finalité* », 11 pages.
- LE FUR A., (2007), « *Pratiques de la cartographie* », Armand Colin, 2^{ème} éd, 127 pages.
- LEOBET M., (2007), « *La cartographie sur l'Internet au service du citoyen : un enjeu d'usages* », L'information géographique, géosciences n°6, 10 pages.
- MCKENDRY J. E., (2000), « *The influence of map design on resource management decision making* », Cartographica, vol 37/2, 12 pages.
- MCKENDRY J. E., MACHLIS G. E., (2008), « *Cartographic design and quality of climate change maps* », Springer Science, 12 pages.
- METZ C., (1971), « *Réflexions sur la "Sémiologie graphique" de Jacques Bertin* » Persée, Annales Vol. 26 n°3, 28 pages.
- MEYER Y., (2005), « *Perception et compression des images fixes* », consultable sur le site : www.cmla.ens-cachan.fr/Cmla/index.html.

- MOULIN P., (2006), « *Pour une pertinence de l'information géographique dans la gestion de crise...* », Mémoire de recherche, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, Institut d'Aménagement Régional, 120 pages.
- POIDEVIN D., (1999), « *La carte : moyen d'action* », Ellipses, 200 pages.
- POTTIER N., VEYRET Y., MESCHINET N., HUBERT G., RELIANT C., DUBOIS J., « *Evaluation de la politique publique de prévention des risques naturels* », 13 pages.
- PREFECTURE DE POLICE DE PARIS, (2006), « *Plan de Secours Spécialisé Inondations Zonal* », Ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du territoire, 103 pages.
- REKACEWICZ P., (2006), « *La cartographie, entre science, art et manipulation* », Le Monde Diplomatique, 15 pages.
- ROY A., (2005), « *La perception sociale des risques naturels* », IFEN N°99, 4 pages.
- SERRHINI K., « *Évaluation spatiale de la covisibilité d'un aménagement. Sémiologie graphique expérimentale et modélisation quantitative* », Thèse de doctorat, CESA, 481 pages.
- SERRHINI K., SPACHINGEZ K., DORNER W., METZKA R., FUCHS S., (2008), « *Flood Risk and Flood Hazard Maps – Visualisation of Hydrological Risks* », IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, XXIVth Conference of the Danubian Countries, 17 pages.
- SCHMITT F., « *La vision et la perception humaines* », 12 pages.
- VINET F., (2004), « *Diagnostic et enjeux de la gestion du risque inondation en France Méditerranéenne* », La houille blanche n°6, 7 pages.
- WEGER G., (1999), « *Cartographie - volume 1 : sémiologie graphique et conception cartographique* », École Nationale Des Sciences Géographiques, 141 pages.

TABLE DES DOCUMENTS

Document 1 : Indemnités liées aux principales inondations survenues entre 1999 et 2003.....	15
Document 2 : Variabilité du seuil de tolérance dans le temps.....	18
Document 3 : Les étapes préalables à l'élaboration d'un PPR.....	21
Document 4 : Modèle linéaire de la sémiologie graphique	25
Document 5 : Densités de peuplement des Districts cartographiés de 8 façons différentes	27
Document 6 : Chemin que suit l'axe du regard.....	29
Document 7 : SGE et stratégie visuelle.....	29
Document 8 : Les variables visuelles selon l'implantation et la nature des données	30
Document 9 : Logique d'affichage par couche thématique.....	32
Document 10 : Extraits des légendes des PPR de la basse vallée de la Touques et du Massif des Maures.....	34
Document 11 : Différences entre une étude HGM et les zones inondables PPR sur la commune de Rompude.....	40
Document 12 : Le cartographe est un auteur qui propose un message au lecteur	41
Document 13 : Processus théorique : De la création de la carte à la prise de décision	42
Document 14 : Modèle de la Sémiologie Graphique Expérimentale	43
Document 15 : Montage du vidéo-oculographe et photo de celui de l'hôpital des Bretonneaux.....	45
Document 16 : La multiplication des enseignes empêche la lisibilité.....	46
Document 17 : Étude portant sur l'attention des téléspectateurs au cours d'un événement sportif.....	47
Document 18 : Tableau de synthèse des différents éléments à tester pour les 9 cartes	48 et 49
Document 19 : Tableau de synthèse des résultats aux questions II.1, II.2 et II.3.....	51
Document 20 : Méthode utilisée pour créer les trois groupes de personnes	53
Document 21 : Exemple d'analyse des mouvements oculaires par zones d'intérêt.....	56
Document 22 : Exemple d'analyse dynamique des mouvements oculaires	57
Document 23 : Tableau de synthèse des réponses de la partie 3 du questionnaire.....	59
Document 24 : Coefficients de corrélation entre les différents critères	59
Document 25 : Lien existant entre complexité et intérêt décisionnel de la carte.....	60
Document 26 : Corrélation entre densité d'informations et complexité de la carte.....	60
Document 27 : Corrélation entre innovation, esthétique la carte et intérêt politique	60
Document 28 : Tableau de synthèse des réponses de la partie 3 du questionnaire.....	61
Document 29 : Notation du critère complexité par carte.....	62
Document 30 : Notation du critère densité par carte	62
Document 31 : Notation du critère innovation par carte	63
Document 32 : Notation du critère esthétique par carte	63
Document 33 : Notation du critère intérêt politique par carte	63
Document 34 : Tableau de synthèse : préférence des cartes en fonction du type de destinataires.....	64
Document 35 : Tableau de synthèse : cumul des notes par groupe et par carte, tous critères confondus.....	64

Document 36 : Tableau de synthèse : Classement des cartes par groupes, d'après le cumul précédent	64
Document 37 : Tableau de synthèse : Classement des cartes tous groupes et tous critères confondus	65
Document 38 : Tableau de synthèse : Signification des quatre indicateurs de en fonction du type de destinataires.....	66
Document 39 : Nombre moyen de fixations par cartes	66
Document 40 : Durée moyenne de fixation par carte	67
Document 41 : Nombre moyen de saccades par carte.....	68
Document 42 : Amplitude moyenne des saccades par carte	68
Document 43 : Nombre moyen de fixations par groupe et par carte.....	69
Document 44 : Durée moyenne des fixations par groupe et par carte.....	69
Document 45 : Nombre moyen de saccades par groupe et par carte.....	70
Document 46 : Amplitude moyenne des saccades par groupe et par carte	70
Document 47 : SGE et stratégie visuelle.....	72
Document 48 : Analyse dynamique des mouvements oculaires de la carte 2	73
Document 49 : Comparaison du nombre de fixations de la zone titre pour les cartes 1, 3, 6, 8 et 9	74
Document 50 : Durée totale des fixations de la zone titre pour les cartes 1 et 8	75
Document 51 : Comparaison des durées totales de fixations de la zone titre par type de lecteur et par carte	75
Document 52 : La position de la légende est déterminante pour sa lisibilité	76
Document 53 : Analyse dynamique des mouvements oculaires de la carte 7	77
Document 54 : Nombre de fixations par zone de la carte 7	78
Document 55 : Durée totale des fixations par zones de la carte 7.....	78
Document 56 : Comparaison des durées de fixations de la zone légende par type de lecteur et par carte	79
Document 57 : Analyse dynamique des mouvements oculaires de la carte 2	80
Document 58 : Nombre de fixations par zone de la carte 2	81
Document 59 : Durée totale des fixations par zone de la carte 2	81
Document 60 : Nombre de fixations par zone de la carte 4	82
Document 61 : Durée totale des fixations par zone de la carte 4	82
Document 62 : Analyse dynamique des mouvements oculaires de la carte 5	84
Document 63 : Comparaison des stratégies visuelles des différents types de destinataires	84
Document 64 : Nombre de fixations par zone de la carte 5	85
Document 65 : Durée totale des fixations par zone de la carte 5	85
Document 66 : Amplitude moyenne des saccades par carte et par groupe	86
Document 67 : Analyse dynamique des mouvements oculaires de la carte 1	86
Document 68 : Analyse dynamique des mouvements oculaires de la carte 4	87
Document 69 : Remarque faites sur les différentes cartes testées par les témoins lors de l'expérimentation.....	90
Document 70 : Résultats de l'enquête cognitive concernant les attentes d'une carte en matière de risque d'inondation	91
Document 71 : Remarque faites sur les différentes cartes testées par les concepteurs lors de l'expérimentation	93
Document 72 : Remarque faites sur les différentes cartes testées par les utilisateurs réguliers lors de l'expérimentation.....	95

TABLE DES CARTES

Carte 1 : Nombre d'arrêtés de catastrophes naturelles inondation de 1982 à 2003 en France	15
Carte 2 : Nombre d'arrêtés de catastrophes naturelles inondation de 1982 à 2003 dans le Midi Méditerranéen	15
Carte 3 : Vaison-la-Romaine : Impact spatial de la crue de 1992	16
Carte 4 : Carte informative des phénomènes historiques du val de Tours	20
Carte 5 : Atlas départemental des risques de la Sarthe	20
Carte 6 : Carte d'interprétation géomorphologique des zones inondables sur la commune de Pertuis	21
Carte 7 : Carte des aléas du val d'Orléans	21
Carte 8 : PPRi de la ville de Loeuilly	21
Carte 9 : PPRi de la ville de Paris	26
Carte 10 : Espaces et usages agricoles de la Martinique (2005)	32
Carte 11 : PPRi de la commune d'Issy-les-Moulineaux	34
Carte 12 : Carte d'aléa (hauteur d'eau) de villebourbon et Sapiac	35
Carte 13 : Plan de prévention des risques naturels de la ville de Laon	36
Carte 14 : Carte des aléas de la commune de Veurey-Voroize	37
Carte 15 : Extrait d'un PPR multirisques à Veurey-Voroize en Isère avant et après modifications	37
Carte 16 : Risques dans le département de la Savoie	39
Carte 17 : PPRi de la commune de Bonneuil sur Marne	39
Carte 18 : Zone inondable de la Seine dans les Hauts-de-Seine	39
Carte 19 : Exemple d'analyse des mouvements oculaires	55
Carte 20 : Création des zones d'intérêt pour la carte 4	56
Carte 21 : Extrait d'analyse spatiale de la carte 4 (lecture du titre	73
Carte 22 : Exemple de visualisation (haut) ou non (bas) du titre en fonction de sa position	74
Carte 23 : Exemple de visualisation de la légende par l'analyse spatiale de la carte 7	76
Carte 24 : Exemples de visionnage (droite) ou non (haut) de la légende	77
Carte 25 : Délimitation des zones d'intérêt sur la carte 7	78
Carte 26 : Analyse spatiale des mouvements oculaires de la carte 8 d'une personne du groupe « témoin »	80
Carte 27 : Zones de la carte 2	81
Carte 28 : Exemple d'un sujet du groupe des concepteurs	83
Carte 29 : Exemple d'un sujet du groupe des témoins	83
Carte 30 : Zones de la carte 5	85
Carte 31 : Analyse spatiale des mouvements oculaires de la carte 1	87
Carte 32 : Analyse spatiale des mouvements oculaires de la carte 4	88
Carte 33 : Synthèse sur les recommandations pour réaliser une carte destiner aux personnes non initiées à la thématique « risque »	92
Carte 34 : Synthèse sur les recommandations pour réaliser une carte destiner aux personnes spécialistes du risque	94

TABLE DES MATIERES

Avertissement.....	4
Formation par la recherche et projet de fin d'études	5
Remerciements.....	6
Sommaire	7
Avant Propos.....	8
Délimitation du sujet	8
Spécification de la problématique	8
Hypothèses de recherche	9
Cadre de l'étude.....	11
Introduction générale.....	12
Partie 1 : Acteurs et cartes dans la gestion du risque d'inondation.....	14
Introduction	14
Chapitre 1 : Les acteurs de la gestion du risque d'inondation et leur rapport aux cartes	14
1. Réglementer l'implantation en zone à risques	14
2. Réduire la vulnérabilité en informant les populations.....	17
Chapitre 2 : Des cartes informatives aux PPR opposables aux tiers	19
1. Les cartes d'Information sur les Risques Majeurs	19
2. Les cartes techniques et réglementaires	20
Conclusion.....	23
Partie 2 : De la sémiologie graphique classique à la sémiologie graphique expérimentale : diagnostic	24
Introduction	24
Chapitre 1 : Les concepts du langage graphique classique.	25
1. La carte n'offre aux yeux du public que ce que le cartographe veut bien montrer !.....	25
A. Modèle linéaire de la sémiologie classique.	25
B. La carte sous l'influence de l'auteur.....	26
2. Ce que le lecteur veut ou peut voir.....	27
3. La sémiologie graphique Bertinienne face aux techniques modernes de cartographie	30
A. La science des signes et des variables visuelles	30
B. Conflit entre automatisation de la cartographie et sémiologie.....	31
Chapitre 2 : La sémiologie graphique classique des cartes de risque contrainte par la réglementation française.....	33
1. Organisation générale du document graphique	33
2. Des cartes non utilisables toutes seules.....	34
3. Une utilisation peu efficace de la couleur rendant les cartes peu lisibles.....	34
A. Les couleurs ne traduisent pas correctement la relation d'ordre entre les types de zones	35
B. La perception est basée sur un savoir inconscient	35
4. Un nombre d'éléments cartographiés trop important et souvent peu lisible	36
A. Un nombre de classes souvent trop important.....	36
B. Les contrastes entre fond et éléments cartographiés.....	37
5. L'échelle de la carte peu adaptée pour tirer une information précise.....	38
A. Nécessiter de se repérer pour comprendre la carte	38
B. Problèmes de limites.....	39
Conclusion.....	41

Partie 3 : Comment adapter la carte à chaque utilisateur ?	
La sémiologie graphique expérimentale	42
Introduction	42
Chapitre 1 : La sémiologie graphique Expérimentale	43
1. Les concepts du langage graphique expérimentale	43
2. Chapitre 2 : La technique de l'Eye Tracking (oculométrie).....	44
A. Appareil : le vidéo-oculographe	44
B. Un procédé utilisé dans le domaine de la médecine puis récemment de la publicité.....	46
Chapitre 2 : Mise en place du protocole expérimental	48
1. Les étapes nécessaires à l'expérimentation	48
A. Le choix des cartes	48
B. Réalisation du questionnaire.....	49
C. Le choix de l'échantillonnage.....	50
D. Les contraintes et la nécessité d'effectuer un pré test.....	53
2. Les enregistrements au sein du service ophtalmologique de l'hôpital	54
A. La phase d'installation du sujet	54
B. La phase d'ajustement	54
C. Le calibrage	54
D. L'enregistrement oculométrique et réponses au questionnaire.....	54
E. L'extraction des données	55
Conclusion.....	57
Partie 4 : Résultats et Interprétations	58
Introduction	58
Chapitre 1 : Des besoins différents en fonction du type de destinataires	58
1. Exploitation de l'enquête cognitive	58
2. Analyse statistique des mouvements oculaires	65
Conclusion.....	71
Chapitre 2 : Analyse des mouvements oculaires : quelles sont les stratégies visuelles des sujets ?.....	72
Introduction : Quels éléments sont les plus regardés ?	72
1. Le titre : premier élément important	73
A. Éléments généraux.....	73
B. La position et taille du titre :	74
C. Différentes stratégies de lecture du titre en fonction du type de destinataire.....	75
2. La légende : entre position et complexité.....	75
A. Éléments généraux	75
B. La position de la légende :	76
C. La composition de la légende :	77
D. Différentes stratégies de lecture de la légende en fonction du type de destinataire :	79
3. Les éléments de la carte	79
A. Éléments généraux	79
B. Rôle du positionnement des éléments.....	80
C. Rôle de la couleur	83
D. Le fond de carte.....	83
4. Distance inter élément.....	86
Chapitre 3 : Recommandations en matière de cartographie	89
1. Recommandations générales	89
2. Une carte pour chaque destinataire	91
Conclusion générale : Validation et critique de la méthode	96
Annexes	97
Annexes n° 1 : Les cartes testées	97
Annexes n° 2 : Le questionnaire.....	101

Références Bibliographiques	107
Table des documents	110
Table des cartes	112
Table des matières	113

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Équipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement



Directeur de recherche :
Serrhini Kamal

Graziano Maxime
Projet de Fin d'Études
DA5
2007-2008

Sémiologie Graphique Expérimentale (SGE) **pour une cartographie efficace du risque d'inondation**

Résumé : La carte est un instrument ancien qui est devenu omniprésent pour transmettre des informations dans de très nombreux domaines notamment celui de la gestion du risque. Cette évolution est due au fait que les représentations visuelles sont particulièrement efficaces car elles autorisent une lecture instantanée d'une image globale. La carte est donc un outil utilisé pour communiquer des informations localisées dans l'espace. Or, quelles que soient les évolutions techniques, la carte n'en reste pas moins une fabrication qui implique des choix dans les informations à représenter et dans leur symbolisation. Ces choix ne se font pas de manière aléatoire mais répondent à des règles très spécifiques établies par Jacques Bertin et rassemblées sous le terme de « sémiologie graphique ». Or, le destinataire (ou le futur lecteur) n'est que rarement pris en compte lors de la fabrication de la carte.

Dans ce contexte, nous pouvons nous demander comment améliorer les cartes de risque pour qu'elles deviennent des outils de communication efficaces, pour qu'elles soient perçues, comprises et mémorisées par tous ? Comment adapter les cartes respectant une sémiologie graphique réglementaire aux spécificités de perception de chaque type d'acteurs ?

Il ne s'agit pas de remettre en cause les règles de sémiologie graphique classique mais d'apporter, grâce à une méthode d'oculographie et une d'enquête cognitive, des recommandations en matière de création de cartes de risques.

Mots clés :

Risque d'inondation, Perception visuelle et cognitive, Cartographie, Sémiologie graphique Expérimentale, Type de destinataires, Vidéo-oculographe.